Документация к PostgreSQL 13.22

The PostgreSQL Global Development Group

Документация к PostgreSQL 13.22

The PostgreSQL Global Development Group
Перевод на русский язык, 2015–2025 гг.:
Компания «Постгрес Профессиональный»

Официальная страница русскоязычной документации: *https://postgrespro.ru/docs/*.

Предисловие

Эта книга является официальной документацией PostgreSQL. Она была написана разработчиками и добровольцами параллельно с разработкой программного продукта. В ней описывается вся функциональность, которую официально поддерживает текущая версия PostgreSQL.

Чтобы такой большой объём информации о PostgreSQL был удобоварим, эта книга разделена на части. Каждая часть предназначена определённой категории пользователей или пользователям на разных стадиях освоения PostgreSQL:

- Часть I представляет собой неформальное введение для начинающих.
- Часть II описывает язык SQL и его среду, включая типы данных и функции, а также оптимизацию производительности на уровне пользователей. Это будет полезно прочитать всем пользователям PostgreSQL.
- Часть III описывает установку и администрирование сервера. Эта часть будет полезна всем, кто использует сервер PostgreSQL для самых разных целей.
- Часть IV описывает программные интерфейсы для клиентских приложений PostgreSQL.
- Часть V предназначена для более опытных пользователей и содержит сведения о возможностях расширения сервера. Эта часть включает темы, посвящённые, в частности, пользовательским типам данных и функциям.
- Часть VI содержит справочную информацию о командах SQL, а также клиентских и серверных программах. Эта часть дополняет другие информацией, структурированной по командам и программам.
- Часть VII содержит разнообразную информацию, полезную для разработчиков PostgreSQL.

1. Что такое PostgreSQL?

PostgreSQL — это объектно-реляционная система управления базами данных (ОРСУБД, ORDBMS), основанная на *POSTGRES, Version 4.2* — программе, разработанной на факультете компьютерных наук Калифорнийского университета в Беркли. В POSTGRES появилось множество новшеств, которые были реализованы в некоторых коммерческих СУБД гораздо позднее.

PostgreSQL — СУБД с открытым исходным кодом, основой которого был код, написанный в Беркли. Она поддерживает большую часть стандарта SQL и предлагает множество современных функций:

- сложные запросы
- внешние ключи
- триггеры
- изменяемые представления
- транзакционная целостность
- многоверсионность

Кроме того, пользователи могут всячески расширять возможности PostgreSQL, например создавая свои

- типы данных
- функции
- операторы
- агрегатные функции
- методы индексирования
- процедурные языки

А благодаря свободной лицензии, PostgreSQL разрешается бесплатно использовать, изменять и распространять всем и для любых целей — личных, коммерческих или учебных.

2. Краткая история PostgreSQL

Объектно-реляционная система управления базами данных, именуемая сегодня PostgreSQL, произошла от пакета POSTGRES, написанного в Беркли, Калифорнийском университете. После десятилетий разработки PostgreSQL стал самой развитой СУБД с открытым исходным кодом.

2.1. Проект POSTGRES в Беркли

Проект POSTGRES, возглавляемый профессором Майклом Стоунбрейкером, спонсировали агентство DARPA при Минобороны США, Управление военных исследований (ARO), Национальный Научный Фонд (NSF) и компания ESL, Inc. Реализация POSTGRES началась в 1986 г. Первоначальные концепции системы были представлены в документе ston86, а описание первой модели данных появилось в rowe87. Проект системы правил тогда был представлен в ston87a. Суть и архитектура менеджера хранилища были расписаны в ston87b.

С тех пор POSTGRES прошёл несколько этапов развития. Первая «демоверсия» заработала в 1987 и была показана в 1988 на конференции ACM-SIGMOD. Версия 1, описанная в ston90a, была выпущена для нескольких внешних пользователей в июне 1989. В ответ на критику первой системы правил (ston89), она была переделана (ston90b), и в версии 2, выпущенной в июне 1990, была уже новая система правил. В 1991 вышла версия 3, в которой появилась поддержка различных менеджеров хранилища, улучшенный исполнитель запросов и переписанная система правил. Последующие выпуски до Postgres95 (см. ниже) в основном были направлены на улучшение портируемости и надёжности.

POSTGRES применялся для реализации множества исследовательских и производственных задач. В их числе: система анализа финансовых данных, пакет мониторинга работы реактивных двигателей, база данных наблюдений за астероидами, база данных медицинской информации, несколько географических информационных систем. POSTGRES также использовался для обучения в нескольких университетах. Наконец, компания Illustra Information Technologies (позже ставшая частью *Informix*, которая сейчас принадлежит *IBM*) воспользовалась кодом и нашла ему коммерческое применение. В конце 1992 POSTGRES стал основной СУБД научного вычислительного проекта Sequoia 2000, описанного в ston92.

В 1993 число внешних пользователей удвоилось. Стало очевидно, что обслуживание кода и поддержка занимает слишком много времени, и его не хватает на исследования. Для снижения этой нагрузки проект POSTGRES в Беркли был официально закрыт на версии 4.2.

2.2. Postgres95

В 1994 Эндри Ю и Джолли Чен добавили в POSTGRES интерпретатор языка SQL. Уже с новым именем Postgres95 был опубликован в Интернете и начал свой путь как потомок разработанного в Беркли POSTGRES, с открытым исходным кодом.

Код Postgres95 был приведён в полное соответствие с ANSI C и уменьшился на 25%. Благодаря множеству внутренних изменений он стал быстрее и удобнее. Postgres95 версии 1.0.x работал примерно на 30–50% быстрее POSTGRES версии 4.2 (по тестам Wisconsin Benchmark). Помимо исправления ошибок, произошли следующие изменения:

- На смену языку запросов PostQUEL пришёл SQL (реализованный в сервере). (Интерфейсная библиотека libpq унаследовала своё имя от PostQUEL.) Подзапросы не поддерживались до выхода PostgreSQL (см. ниже), хотя их можно было имитировать в Postgres95 с помощью пользовательских функций SQL. Были заново реализованы агрегатные функции. Также появилась поддержка предложения `GROUP BY`.
- Для интерактивных SQL-запросов была разработана новая программа (psql), которая использовала GNU Readline. Старая программа monitor стала не нужна.
- Появилась новая клиентская библиотека `libpgtcl` для поддержки Tcl-клиентов. Пример оболочки, `pgtclsh`, представлял новые команды Tcl для взаимодействия программ Tcl с сервером Postgres95.
- Был усовершенствован интерфейс для работы с большими объектами. Единственным механизмом хранения таких данных стали инверсионные объекты. (Инверсионная файловая система была удалена.)

- Удалена система правил на уровне экземпляров; перезаписывающие правила сохранились.
- С исходным кодом стали распространяться краткие описания возможностей стандартного SQL, а также самого Postgres95.
- Для сборки использовался GNU make (вместо BSD make). Кроме того, стало возможно скомпилировать Postgres95 с немодифицированной версией GCC (было исправлено выравнивание данных).

2.3. PostgreSQL

В 1996 г. стало понятно, что имя «Postgres95» не выдержит испытание временем. Мы выбрали новое имя, PostgreSQL, отражающее связь между оригинальным POSTGRES и более поздними версиями с поддержкой SQL. В то же время, мы продолжили нумерацию версий с 6.0, вернувшись к последовательности, начатой в проекте Беркли POSTGRES.

Postgres по-прежнему считается официальным именем проекта не только по традиции, но и потому, что Postgres произносить проще, чем PostgreSQL.

В процессе разработки Postgres95 основными задачами были поиск и понимание существующих проблем в серверном коде. С переходом к PostgreSQL акценты сместились к реализации новых функций и возможностей, хотя работа продолжается во всех направлениях.

Подробнее узнать о том, что происходило с PostgreSQL с тех пор, можно в Приложении E.

3. Соглашения

Следующие соглашения используются в описаниях команд: квадратные скобки ([и]) обозначают необязательные части. Фигурные скобки ({ и }) и вертикальная черта (|) обозначают выбор одного из предложенных вариантов. Многоточие (...) означает, что предыдущий элемент можно повторить.

Иногда для ясности команды SQL предваряются приглашением =>, а команды оболочки — приглашением $.

Под *администратором* здесь обычно понимается человек, ответственный за установку и запуск сервера, тогда как *пользователь* — кто угодно, кто использует или желает использовать любой компонент системы PostgreSQL. Эти роли не следует воспринимать слишком узко, так как в этой книге нет определённых допущений относительно процедур системного администрирования.

4. Полезные ресурсы

Помимо этой документации, то есть книги, есть и другие ресурсы, посвящённые PostgreSQL:

Wiki

Вики-раздел сайта PostgreSQL содержит *FAQ* (список популярных вопросов), *TODO* (список предстоящих дел) и подробную информацию по многим темам.

Основной сайт

Сайт PostgreSQL содержит подробное описание каждого выпуска и другую информацию, которая поможет в работе или игре с PostgreSQL.

Списки рассылки

Списки рассылки — подходящее место для того, чтобы получить ответы на вопросы, поделиться своим опытом с другими пользователями и связаться с разработчиками. Подробнее узнать о них можно на сайте PostgreSQL.

Вы сами!

PostgreSQL — проект open-source. А значит, поддержка его зависит от сообщества пользователей. Начиная использовать PostgreSQL, вы будете полагаться на явную или неявную помощь других людей, обращаясь к документации или в списки рассылки. Подумайте, как вы можете отблагодарить сообщество, поделившись своими знаниями. Читайте списки рассылки и отвечайте на вопросы. Если вы узнали о чём-то, чего нет в документации, сделайте свой вклад, описав это. Если вы добавляете новые функции в код, поделитесь своими доработками.

5. Как правильно сообщить об ошибке

Если вы найдёте ошибку в PostgreSQL, дайте нам знать о ней. Благодаря вашему отчёту об ошибке, PostgreSQL станет ещё более надёжным, ведь даже при самом высоком качестве кода нельзя гарантировать, что каждый блок и каждая функция PostgreSQL будет работать везде и при любых обстоятельствах.

Следующие предложения призваны помочь вам в составлении отчёта об ошибке, который можно будет обработать эффективно. Мы не требуем их неукоснительного выполнения, но всё же лучше следовать им для общего блага.

Мы не можем обещать, что каждая ошибка будет исправлена немедленно. Если ошибка очевидна, критична или касается множества пользователей, велики шансы, что ей кто-то займётся. Бывает, что мы рекомендуем обновить версию и проверить, сохраняется ли ошибка. Мы также можем решить, что ошибку нельзя исправить, пока не будет проделана большая работа, которая уже запланирована. Случается и так, что исправить ошибку слишком сложно, а на повестке дня есть много более важных дел. Если же вы хотите, чтобы вам помогли немедленно, возможно вам стоит заключить договор на коммерческую поддержку.

5.1. Диагностика ошибок

Прежде чем сообщать об ошибке, пожалуйста, прочитайте и перечитайте документацию и убедитесь, что вообще возможно сделать то, что вы хотите. Если из документации неясно, можно это сделать или нет, пожалуйста, сообщите и об этом (тогда это ошибка в документации). Если выясняется, что программа делает что-то не так, как написано в документации, это тоже ошибка. Вот лишь некоторые примеры возможных ошибок:

- Программа завершается с аварийным сигналом или сообщением об ошибке операционной системы, указывающей на проблему в программе. (В качестве контрпримера можно привести сообщение «Нет места на диске» — эту проблему вы должны решить сами.)
- Программа выдаёт неправильный результат для любых вводимых данных.
- Программа отказывается принимать допустимые (согласно документации) данные.
- Программа принимает недопустимые данные без сообщения об ошибке или предупреждения. Но помните: то, что вы считаете недопустимым, мы можем считать приемлемым расширением или совместимым с принятой практикой.
- Не удаётся скомпилировать, собрать или установить PostgreSQL на поддерживаемой платформе, выполняя соответствующие инструкции.

Здесь под «программой» подразумевается произвольный исполняемый файл, а не исключительно серверный процесс.

Медленная работа или высокая загрузка ресурсов — это не обязательно ошибка. Попробуйте оптимизировать ваши приложения, прочитав документацию или попросив помощи в списках рассылки. Также может не быть ошибкой какое-то несоответствие стандарту SQL, если только явно не декларируется соответствие в данном аспекте.

Прежде чем подготовить сообщение, проверьте, не упоминается ли эта ошибка в списке TODO или FAQ. Если вы не можете разобраться в нашем списке TODO, сообщите о своей проблеме. По крайней мере так мы сделаем список TODO более понятным.

5.2. Что сообщать

Главное правило, которое нужно помнить — сообщайте все факты и только факты. Не стройте догадки, что по вашему мнению работает не так, что «по-видимому происходит», или в какой части программы ошибка. Если вы не знакомы с тонкостями реализации, вы скорее всего ошибётесь и ничем нам не поможете. И даже если не ошибётесь, расширенные объяснения могут быть прекрасным дополнением, но не заменой фактам. Если мы соберёмся исправить ошибку, мы всё равно сами должны будем посмотреть, в чём она. С другой стороны, сообщить голые факты довольно просто (можно просто скопировать текст с экрана), но часто важные детали опускаются, потому что не считаются таковыми или кажется, что отчёт будет и без того понятен.

В каждом отчёте об ошибке следует указать:

- Точную последовательность действий для воспроизведения проблемы, начиная *с запуска программы*. Она должна быть самодостаточной; если вывод зависит от данных в таблицах, то недостаточно сообщить один лишь `SELECT`, без предшествующих операторов `CREATE TABLE` и `INSERT`. У нас не будет времени, чтобы восстанавливать схему базы данных по предоставленной информации, и если предполагается, что мы будем создавать свои тестовые данные, вероятнее всего мы пропустим это сообщение.

  Лучший формат теста для проблем с SQL — файл, который можно передать программе psql и увидеть проблему. (И убедитесь, что в вашем файле `~/.psqlrc` ничего нет.) Самый простой способ получить такой файл — выгрузить объявления таблиц и данные, необходимые для создания полигона, с помощью pg_dump, а затем добавить проблемный запрос. Постарайтесь сократить размер вашего тестового примера, хотя это не абсолютно необходимо. Если ошибка воспроизводится, мы найдём её в любом случае.

  Если ваше приложение использует какой-то другой клиентский интерфейс, например PHP, пожалуйста, попытайтесь свести ошибку к проблемным запросам. Мы вряд ли будем устанавливать веб-сервер у себя, чтобы воспроизвести вашу проблему. В любом случае помните, что нам нужны ваши конкретные входные файлы; мы не будем гадать, что подразумевается в сообщении о проблеме с «большими файлами» или «базой среднего размера», так как это слишком расплывчатые понятия.

- Результат, который вы получаете. Пожалуйста, не говорите, что что-то «не работает» или «сбоит». Если есть сообщение об ошибке, покажите его, даже если вы его не понимаете. Если программа завершается ошибкой операционной системы, сообщите какой. Или если ничего не происходит, отразите это. Даже если в результате вашего теста происходит сбой программы или что-то очевидное, мы можем не наблюдать этого у себя. Проще всего будет скопировать текст с терминала, если это возможно.

  ### Примечание

  Если вы упоминаете сообщение об ошибке, пожалуйста, укажите его в наиболее полной форме. Например, в psql, для этого сначала выполните `\set VERBOSITY verbose`. Если вы цитируете сообщения из журнала событий сервера, присвойте параметру выполнения log_error_verbosity значение `verbose`, чтобы журнал был наиболее подробным.

  ### Примечание

  В случае критических ошибок сообщение на стороне клиента может не содержать всю необходимую информацию. Пожалуйста, также изучите журнал сервера баз данных. Если сообщения журнала у вас не сохраняются, это подходящий повод, чтобы начать сохранять их.

- Очень важно отметить, какой результат вы ожидали получить. Если вы просто напишете «Эта команда выдаёт это.» или «Это не то, что мне нужно.», мы можем запустить ваш пример, посмотреть на результат и решить, что всё в порядке и никакой ошибки нет. Не заставляйте нас тратить время на расшифровку точного смысла ваших команд. В частности, воздержитесь от утверждений типа «Это не то, что делает Oracle/положено по стандарту SQL». Выяснять, как должно быть по стандарту SQL, не очень интересно, а кроме того мы не знаем, как ведут себя все остальные реляционные базы данных. (Если вы наблюдаете аварийное завершение программы, этот пункт, очевидно, неуместен.)

- Все параметры командной строки и другие параметры запуска, включая все связанные переменные окружения или файлы конфигурации, которые вы изменяли. Пожалуйста, предоставляйте точные сведения. Если вы используете готовый дистрибутив, в котором сервер БД запускается при загрузке системы, вам следует выяснить, как это происходит.
- Всё, что вы делали не так, как написано в инструкциях по установке.
- Версию PostgreSQL. Чтобы выяснить версию сервера, к которому вы подключены, можно выполнить команду `SELECT version();`. Большинство исполняемых программ также поддерживают параметр `--version`; как минимум должно работать `postgres --version` и `psql --version`. Если такая функция или параметры не поддерживаются, вероятно вашу версию давно пора обновить. Если вы используете дистрибутивный пакет, например RPM, сообщите это, включая полную версию этого пакета. Если же вы работаете со снимком Git, укажите это и хеш последней правки.

  Если ваша версия старее, чем 13.22, мы почти наверняка посоветуем вам обновиться. В каждом новом выпуске очень много улучшений и исправлений ошибок, так что ошибка, которую вы встретили в старой версии PostgreSQL, скорее всего уже исправлена. Мы можем обеспечить только ограниченную поддержку для тех, кто использует старые версии PostgreSQL; если вам этого недостаточно, подумайте о заключении договора коммерческой поддержки.
- Сведения о платформе, включая название и версию ядра, библиотеки C, характеристики процессора, памяти и т. д. Часто бывает достаточно сообщить название и версию ОС, но не рассчитывайте, что все знают, что именно подразумевается под «Debian», или что все используют x86_64. Если у вас возникают сложности со сборкой кода и установкой, также необходима информация о сборочной среде вашего компьютера (компилятор, make и т. д.).

Не бойтесь, если ваш отчёт об ошибке не будет краток. У таланта есть ещё и брат. Лучше сообщить обо всём сразу, чем мы будем потом выуживать факты из вас. С другой стороны, если файлы, которые вы хотите показать, велики, правильнее будет сначала спросить, хочет ли кто-то взглянуть на них. В *этой статье* вы найдёте другие советы по составлению отчётов об ошибках.

Не тратьте всё своё время, чтобы выяснить, при каких входных данных исчезает проблема. Это вряд ли поможет решить её. Если выяснится, что быстро исправить ошибку нельзя, тогда у вас будет время найти обходной путь и сообщить о нём. И опять же, не тратьте своё время на выяснение, почему возникает эта ошибка. Мы найдём её причину достаточно быстро.

Сообщая об ошибке, старайтесь не допускать путаницы в терминах. Программный пакет в целом называется «PostgreSQL», иногда «Postgres» для краткости. Если вы говорите именно о серверном процессе, упомяните это; не следует говорить «сбой в PostgreSQL». Сбой одного серверного процесса кардинально отличается от сбоя родительского процесса «postgres», поэтому, пожалуйста, не называйте «сбоем сервера» отключение одного из подчинённых серверных процессов и наоборот. Кроме того, клиентские программы, такие как интерактивный «psql» существуют совершенно отдельно от серверной части. По возможности постарайтесь точно указать, где наблюдается проблема, на стороне клиента или сервера.

5.3. Куда сообщать

В общем случае посылать сообщения об ошибках следует в список рассылки `<pgsql-bugs@lists.postgresql.org>`. Вам надо будет написать информативную тему письма, возможно включив в неё часть сообщения об ошибке.

Ещё один вариант отправки сообщения — заполнить отчёт об ошибке в веб-форме на *сайте проекта*. В этом случае ваше сообщение будет автоматически отправлено в список рассылки `<pgsql-bugs@lists.postgresql.org>`.

Если вы сообщаете об ошибке, связанной с безопасностью, и не хотите, чтобы ваше сообщение появилось в публичных архивах, не отправляйте его в `pgsql-bugs`. Об уязвимостях вы можете написать в закрытую группу `<security@postgresql.org>`.

Не посылайте сообщения в списки рассылки для пользователей, например в <pgsql-sql@lists.postgresql.org> или <pgsql-general@lists.postgresql.org>. Эти рассылки предназначены для ответов на вопросы пользователей, и их подписчики обычно не хотят получать сообщения об ошибках, более того, они вряд ли исправят их.

Также, пожалуйста, *не* отправляйте отчёты об ошибках в список <pgsql-hackers@lists.postgresql.org>. Этот список предназначен для обсуждения разработки PostgreSQL, и будет лучше, если сообщения об ошибках будут существовать отдельно. Мы перенесём обсуждение вашей ошибки в `pgsql-hackers`, если проблема потребует дополнительного рассмотрения.

Если вы столкнулись с ошибкой в документации, лучше всего написать об этом в список рассылки, посвящённый документации, <pgsql-docs@lists.postgresql.org>. Пожалуйста, постарайтесь конкретизировать, какая часть документации вас не устраивает.

Если ваша ошибка связана с переносимостью на неподдерживаемой платформе, отправьте письмо по адресу <pgsql-hackers@lists.postgresql.org>, чтобы мы (и вы) смогли запустить PostgreSQL на вашей платформе.

> **Примечание**
>
> Ввиду огромного количества спама письма во все эти списки рассылки проходят модерацию, если отправитель не подписан на соответствующую рассылку. Это означает, что написанное вами письмо может появиться в рассылке после некоторой задержки. Если вы хотите подписаться на эти рассылки, посетите *https://lists.postgresql.org/*, чтобы узнать, как это сделать.

Часть I. Введение

Добро пожаловать на встречу с PostgreSQL. В следующих главах вы сможете получить общее представление о PostgreSQL, реляционных базах данных и языке SQL, если вы ещё не знакомы с этими темами. Этот материал будет понятен даже тем, кто обладает только общими знаниями о компьютерах. Ни опыт программирования, ни навыки использования Unix-систем не требуются. Основная цель этой части — познакомить вас на практике с ключевыми аспектами системы PostgreSQL, поэтому затрагиваемые в ней темы не будут рассматриваться максимально глубоко и полно.

Прочитав это введение, вы, возможно, захотите перейти к Части II, чтобы получить более формализованное знание языка SQL, или к Части IV, посвящённой разработке приложений для PostgreSQL. Тем же, кто устанавливает и администрирует сервер самостоятельно, следует также прочитать Часть III.

Глава 1. Начало

1.1. Установка

Прежде чем вы сможете использовать PostgreSQL, вы конечно должны его установить. Однако возможно, что PostgreSQL уже установлен у вас, либо потому что он включён в вашу операционную систему, либо его установил системный администратор. Если это так, обратитесь к документации по операционной системе или к вашему администратору и узнайте, как получить доступ к PostgreSQL.

Если же вы не знаете, установлен ли PostgreSQL или можно ли использовать его для экспериментов, тогда просто установите его сами. Сделать это несложно и это будет хорошим упражнением. PostgreSQL может установить любой обычный пользователь; права суперпользователя (root) не требуются.

Если вы устанавливаете PostgreSQL самостоятельно, обратитесь к Главе 16 за инструкциями по установке, а закончив установку, вернитесь к этому введению. Обязательно прочитайте и выполните указания по установке соответствующих переменных окружения.

Если ваш администратор выполнил установку не с параметрами по умолчанию, вам может потребоваться проделать дополнительную работу. Например, если сервер баз данных установлен на удалённом компьютере, вам нужно будет указать в переменной окружения `PGHOST` имя этого компьютера. Вероятно, также придётся установить переменную окружения `PGPORT`. То есть, если вы пытаетесь запустить клиентское приложение и оно сообщает, что не может подключиться к базе данных, вы должны обратиться к вашему администратору. Если это вы сами, вам следует обратиться к документации и убедиться в правильности настройки окружения. Если вы не поняли, о чём здесь идёт речь, перейдите к следующему разделу.

1.2. Основы архитектуры

Прежде чем продолжить, вы должны разобраться в основах архитектуры системы PostgreSQL. Составив картину взаимодействия частей PostgreSQL, вы сможете лучше понять материал этой главы.

Говоря техническим языком, PostgreSQL реализован в архитектуре клиент-сервер. Рабочий сеанс PostgreSQL включает следующие взаимодействующие процессы (программы):

- Главный серверный процесс, управляющий файлами баз данных, принимающий подключения клиентских приложений и выполняющий различные запросы клиентов к базам данных. Эта программа сервера БД называется `postgres`.
- Клиентское приложение пользователя, желающее выполнять операции в базе данных. Клиентские приложения могут быть очень разнообразными: это может быть текстовая утилита, графическое приложение, веб-сервер, использующий базу данных для отображения веб-страниц, или специализированный инструмент для обслуживания БД. Некоторые клиентские приложения поставляются в составе дистрибутива PostgreSQL, однако большинство создают сторонние разработчики.

Как и в других типичных клиент-серверных приложениях, клиент и сервер могут располагаться на разных компьютерах. В этом случае они взаимодействуют по сети TCP/IP. Важно не забывать это и понимать, что файлы, доступные на клиентском компьютере, могут быть недоступны (или доступны только под другим именем) на компьютере-сервере.

Сервер PostgreSQL может обслуживать одновременно несколько подключений клиентов. Для этого он запускает («порождает») отдельный процесс для каждого подключения. Можно сказать, что клиент и серверный процесс общаются, не затрагивая главный процесс `postgres`. Таким образом, главный серверный процесс всегда работает и ожидает подключения клиентов, принимая которые, он организует взаимодействие клиента и отдельного серверного процесса. (Конечно всё это происходит незаметно для пользователя, а эта схема рассматривается здесь только для понимания.)

1.3. Создание базы данных

Первое, как можно проверить, есть ли у вас доступ к серверу баз данных, — это попытаться создать базу данных. Работающий сервер PostgreSQL может управлять множеством баз данных, что позволяет создавать отдельные базы данных для разных проектов и пользователей.

Возможно, ваш администратор уже создал базу данных для вас. В этом случае вы можете пропустить этот этап и перейти к следующему разделу.

Для создания базы данных, в этом примере названной `mydb`, выполните следующую команду:

```
$ createdb mydb
```

Если вы не увидите никаких сообщений, значит операция была выполнена успешно и продолжение этого раздела можно пропустить.

Если вы видите сообщение типа:

```
createdb: command not found
```

значит PostgreSQL не был установлен правильно. Либо он не установлен вообще, либо в путь поиска команд оболочки не включён его каталог. Попробуйте вызвать ту же команду, указав абсолютный путь:

```
$ /usr/local/pgsql/bin/createdb mydb
```

У вас этот путь может быть другим. Свяжитесь с вашим администратором или проверьте, как были выполнены инструкции по установке, чтобы исправить ситуацию.

Ещё один возможный ответ:

```
createdb: не удалось подключиться к базе postgres:
  не удалось подключиться к серверу: No such file or directory
        Он действительно работает локально и принимает
        соединения через Unix-сокет "/tmp/.s.PGSQL.5432"?
```

Это означает, что сервер не работает или `createdb` не может к нему подключиться. И в этом случае пересмотрите инструкции по установке или обратитесь к администратору.

Также вы можете получить сообщение:

```
createdb: не удалось подключиться к базе postgres:
  ВАЖНО:  роль "joe" не существует
```

где фигурирует ваше имя пользователя. Это говорит о том, что администратор не создал учётную запись PostgreSQL для вас. (Учётные записи PostgreSQL отличаются от учётных записей пользователей операционной системы.) Если вы сами являетесь администратором, прочитайте Главу 21, где написано, как создавать учётные записи. Для создания нового пользователя вы должны стать пользователем операционной системы, под именем которого был установлен PostgreSQL (обычно это `postgres`). Также возможно, что вам назначено имя пользователя PostgreSQL, не совпадающее с вашим именем в ОС; в этом случае вам нужно явно указать ваше имя пользователя PostgreSQL, используя ключ `-U` или установив переменную окружения `PGUSER`.

Если у вас есть учётная запись пользователя, но нет прав на создание базы данных, вы увидите сообщение:

```
createdb: создать базу данных не удалось:
  ОШИБКА:  нет прав на создание базы данных
```

Создавать базы данных разрешено не всем пользователям. Если PostgreSQL отказывается создавать базы данных для вас, значит вам необходимо соответствующее разрешение. В этом случае обратитесь к вашему администратору. Если вы устанавливали PostgreSQL сами, то для целей этого введения вы должны войти в систему с именем пользователя, запускающего сервер БД. [1]

Вы также можете создавать базы данных с другими именами. PostgreSQL позволяет создавать сколько угодно баз данных. Имена баз данных должны начинаться с буквы и быть не длиннее 63 символов. В качестве имени базы данных удобно использовать ваше текущее имя пользователя. Многие утилиты предполагают такое имя по умолчанию, так что вы сможете упростить ввод команд. Чтобы создать базу данных с таким именем, просто введите:

```
$ createdb
```

Если вы больше не хотите использовать вашу базу данных, вы можете удалить её. Например, если вы владелец (создатель) базы данных `mydb`, вы можете уничтожить её, выполнив следующую команду:

```
$ dropdb mydb
```

(Эта команда не считает именем БД по умолчанию имя текущего пользователя, вы должны явно указать его.) В результате будут физически удалены все файлы, связанные с базой данных, и так как отменить это действие нельзя, не выполняйте его, не подумав о последствиях.

Узнать о командах `createdb` и `dropdb` больше можно в справке createdb и dropdb.

1.4. Подключение к базе данных

Создав базу данных, вы можете обратиться к ней:

- Запустив терминальную программу PostgreSQL под названием *psql*, в которой можно интерактивно вводить, редактировать и выполнять команды SQL.
- Используя существующие графические инструменты, например, pgAdmin или офисный пакет с поддержкой ODBC или JDBC, позволяющий создавать и управлять базой данных. Эти возможности здесь не рассматриваются.
- Написав собственное приложение, используя один из множества доступных языковых интерфейсов. Подробнее это рассматривается в Части IV.

Чтобы работать с примерами этого введения, начните с `psql`. Подключиться с его помощью к базе данных `mydb` можно, введя команду:

```
$ psql mydb
```

Если имя базы данных не указать, она будет выбрана по имени пользователя. Об этом уже рассказывалось в предыдущем разделе, посвящённом команде `createdb`.

В `psql` вы увидите следующее сообщение:

```
psql (13.22)
Type "help" for help.

mydb=>
```

Последняя строка может выглядеть и так:

```
mydb=#
```

Что показывает, что вы являетесь суперпользователем, и так скорее всего будет, если вы устанавливали экземпляр PostgreSQL сами. В этом случае на вас не будут распространяться никакие ограничения доступа, но для целей данного введения это не важно.

Если вы столкнулись с проблемами при запуске `psql`, вернитесь к предыдущему разделу. Команды `createdb` и `psql` подключаются к серверу одинаково, так что если первая работает, должна работать и вторая.

[1] Объяснить это поведение можно так: Учётные записи пользователей PostgreSQL отличаются от учётных записей операционной системы. При подключении к базе данных вы можете указать, с каким именем пользователя PostgreSQL нужно подключаться. По умолчанию же используется имя, с которым вы зарегистрированы в операционной системе. При этом получается, что в PostgreSQL всегда есть учётная запись с именем, совпадающим с именем системного пользователя, запускающего сервер, и к тому же этот пользователь всегда имеет права на создание баз данных. И чтобы подключиться с именем этого пользователя PostgreSQL, необязательно входить с этим именем в систему, достаточно везде передавать его с параметром `-U`.

Последняя строка в выводе `psql` — это приглашение, которое показывает, что `psql` ждёт ваших команд и вы можете вводить SQL-запросы в рабочей среде `psql`. Попробуйте эти команды:

```
mydb=> SELECT version();
                                          version
------------------------------------------------------------------
-----------------------
 PostgreSQL 13.22 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Debian 4.9.2-10) 4.9.2, 64-
bit
(1 row)

mydb=> SELECT current_date;
    date
------------
 2016-01-07
(1 row)

mydb=> SELECT 2 + 2;
 ?column?
----------
        4
(1 row)
```

В программе `psql` есть множество внутренних команд, которые не являются SQL-операторами. Они начинаются с обратной косой черты, «`\`». Например, вы можете получить справку по различным SQL-командам PostgreSQL, введя:

```
mydb=> \h
```

Чтобы выйти из `psql`, введите:

```
mydb=> \q
```

и `psql` завершит свою работу, а вы вернётесь в командную оболочку операционной системы. (Чтобы узнать о внутренних командах, введите `\?` в приглашении командной строки `psql`.) Все возможности `psql` документированы в справке psql. В этом руководстве мы не будем использовать эти возможности явно, но вы можете изучить их и применять при удобном случае.

Глава 2. Язык SQL

2.1. Введение

В этой главе рассматривается использование SQL для выполнения простых операций. Она призвана только познакомить вас с SQL, но ни в коей мере не претендует на исчерпывающее руководство. Про SQL написано множество книг, включая melt93 и date97. При этом следует учитывать, что некоторые возможности языка PostgreSQL являются расширениями стандарта.

В следующих примерах мы предполагаем, что вы создали базу данных `mydb`, как описано в предыдущей главе, и смогли запустить psql.

Примеры этого руководства также можно найти в пакете исходного кода PostgreSQL в каталоге `src/tutorial/`. (В двоичных дистрибутивах PostgreSQL эти файлы могут не поставляться.) Чтобы использовать эти файлы, перейдите в этот каталог и запустите make:

```
$ cd .../src/tutorial
$ make
```

При этом будут созданы скрипты и скомпилированы модули C, содержащие пользовательские функции и типы. Затем, чтобы начать работу с учебным материалом, выполните следующее:

```
$ psql -s mydb

...

mydb=> \i basics.sql
```

Команда `\i` считывает и выполняет команды из заданного файла. Переданный `psql` параметр `-s` переводит его в пошаговый режим, когда он делает паузу перед отправкой каждого оператора серверу. Команды, используемые в этом разделе, содержатся в файле `basics.sql`.

2.2. Основные понятия

PostgreSQL — это *реляционная система управления базами данных* (РСУБД). Это означает, что это система управления данными, представленными в виде *отношений* (relation). Отношение — это математически точное обозначение *таблицы*. Хранение данных в таблицах так распространено сегодня, что это кажется самым очевидным вариантом, хотя есть множество других способов организации баз данных. Например, файлы и каталоги в Unix-подобных операционных системах образуют иерархическую базу данных, а сегодня активно развиваются объектно-ориентированные базы данных.

Любая таблица представляет собой именованный набор *строк*. Все строки таблицы имеют одинаковый набор именованных *столбцов*, при этом каждому столбцу назначается определённый тип данных. Хотя порядок столбцов во всех строках фиксирован, важно помнить, что SQL не гарантирует какой-либо порядок строк в таблице (хотя их можно явно отсортировать при выводе).

Таблицы объединяются в базы данных, а набор баз данных, управляемый одним экземпляром сервера PostgreSQL, образует *кластер* баз данных.

2.3. Создание таблицы

Вы можете создать таблицу, указав её имя и перечислив все имена столбцов и их типы:

```
CREATE TABLE weather (
    city            varchar(80),
    temp_lo         int,           -- минимальная температура дня
    temp_hi         int,           -- максимальная температура дня
    prcp            real,          -- уровень осадков
```

```
    date            date
);
```

Весь этот текст можно ввести в psql вместе с символами перевода строк. psql понимает, что команда продолжается до точки с запятой.

В командах SQL можно свободно использовать пробельные символы (пробелы, табуляции и переводы строк). Это значит, что вы можете ввести команду, выровняв её по-другому или даже уместив в одной строке. Два минуса («--») обозначают начало комментария. Всё, что идёт за ними до конца строки, игнорируется. SQL не чувствителен к регистру в ключевых словах и идентификаторах, за исключением идентификаторов, взятых в кавычки (в данном случае это не так).

varchar(80) определяет тип данных, допускающий хранение произвольных символьных строк длиной до 80 символов. int — обычный целочисленный тип. real — тип для хранения чисел с плавающей точкой одинарной точности. date — тип даты. (Да, столбец типа date также называется date. Это может быть удобно или вводить в заблуждение — как посмотреть.)

PostgreSQL поддерживает стандартные типы SQL: int, smallint, real, double precision, char(*N*), varchar(*N*), date, time, timestamp и interval, а также другие универсальные типы и богатый набор геометрических типов. Кроме того, PostgreSQL можно расширять, создавая набор собственных типов данных. Как следствие, имена типов не являются ключевыми словами в данной записи, кроме тех случаев, когда это требуется для реализации особых конструкций стандарта SQL.

Во втором примере мы сохраним в таблице города и их географическое положение:

```
CREATE TABLE cities (
    name            varchar(80),
    location        point
);
```

Здесь point — пример специфического типа данных PostgreSQL.

Наконец, следует сказать, что если вам больше не нужна какая-либо таблица, или вы хотите пересоздать её по-другому, вы можете удалить её, используя следующую команду:

```
DROP TABLE имя_таблицы;
```

2.4. Добавление строк в таблицу

Для добавления строк в таблицу используется оператор INSERT:

```
INSERT INTO weather VALUES ('San Francisco', 46, 50, 0.25, '1994-11-27');
```

Заметьте, что для всех типов данных применяются довольно очевидные форматы. Константы, за исключением простых числовых значений, обычно заключаются в апострофы ('), как в данном примере. Тип date на самом деле очень гибок и принимает разные форматы, но в данном введении мы будем придерживаться простого и однозначного.

Тип point требует ввода пары координат, например таким образом:

```
INSERT INTO cities VALUES ('San Francisco', '(-194.0, 53.0)');
```

Показанный здесь синтаксис требует, чтобы вы запомнили порядок столбцов. Можно также применить альтернативную запись, перечислив столбцы явно:

```
INSERT INTO weather (city, temp_lo, temp_hi, prcp, date)
    VALUES ('San Francisco', 43, 57, 0.0, '1994-11-29');
```

Вы можете перечислить столбцы в другом порядке, если желаете опустить некоторые из них, например, если уровень осадков (столбец prcp) неизвестен:

```
INSERT INTO weather (date, city, temp_hi, temp_lo)
    VALUES ('1994-11-29', 'Hayward', 54, 37);
```

Многие разработчики предпочитают явно перечислять столбцы, а не полагаться на их порядок в таблице.

Пожалуйста, введите все показанные выше команды, чтобы у вас были данные, с которыми можно будет работать дальше.

Вы также можете загрузить большой объём данных из обычных текстовых файлов, применив команду `COPY`. Обычно это будет быстрее, так как команда `COPY` оптимизирована для такого применения, хотя и менее гибка, чем `INSERT`. Например, её можно использовать так:

```
COPY weather FROM '/home/user/weather.txt';
```

здесь подразумевается, что данный файл доступен на компьютере, где работает серверный процесс, а не на клиенте, так как указанный файл будет прочитан непосредственно на сервере. Данные, добавленные выше в таблицу weather, можно также добавить из файла, содержащего следующее (значения разделены символом табуляции):

```
San Francisco    46    50    0.25    1994-11-27
San Francisco    43    57    0.0    1994-11-29
Hayward    37    54    \N    1994-11-29
```

Подробнее об этом вы можете узнать в описании команды COPY.

2.5. Выполнение запроса

Чтобы получить данные из таблицы, нужно выполнить *запрос*. Для этого предназначен SQL-оператор `SELECT`. Он состоит из нескольких частей: выборки (в которой перечисляются столбцы, которые должны быть получены), списка таблиц (в нём перечисляются таблицы, из которых будут получены данные) и необязательного условия (определяющего ограничения). Например, чтобы получить все строки таблицы `weather`, введите:

```
SELECT * FROM weather;
```

Здесь `*` — это краткое обозначение «всех столбцов». [1] Таким образом, это равносильно записи:

```
SELECT city, temp_lo, temp_hi, prcp, date FROM weather;
```

В результате должно получиться:

```
     city      | temp_lo | temp_hi | prcp |    date
---------------+---------+---------+------+------------
 San Francisco |      46 |      50 | 0.25 | 1994-11-27
 San Francisco |      43 |      57 |    0 | 1994-11-29
 Hayward       |      37 |      54 |      | 1994-11-29
(3 rows)
```

В списке выборки вы можете писать не только ссылки на столбцы, но и выражения. Например, вы можете написать:

```
SELECT city, (temp_hi+temp_lo)/2 AS temp_avg, date FROM weather;
```

И получить в результате:

```
     city      | temp_avg |    date
---------------+----------+------------
 San Francisco |       48 | 1994-11-27
 San Francisco |       50 | 1994-11-29
 Hayward       |       45 | 1994-11-29
(3 rows)
```

Обратите внимание, как предложение `AS` позволяет переименовать выходной столбец. (Само слово `AS` можно опускать.)

[1] Хотя запросы `SELECT *` часто пишут экспромтом, это считается плохим стилем в производственном коде, так как результат таких запросов будет меняться при добавлении новых столбцов.

Запрос можно дополнить «условием», добавив предложение WHERE, ограничивающее множество возвращаемых строк. В предложении WHERE указывается логическое выражение (проверка истинности), которое служит фильтром строк: в результате оказываются только те строки, для которых это выражение истинно. В этом выражении могут присутствовать обычные логические операторы (AND, OR и NOT). Например, следующий запрос покажет, какая погода была в Сан-Франциско в дождливые дни:

```
SELECT * FROM weather
    WHERE city = 'San Francisco' AND prcp > 0.0;
```

Результат:

```
     city      | temp_lo | temp_hi | prcp |    date
---------------+---------+---------+------+------------
 San Francisco |      46 |      50 | 0.25 | 1994-11-27
(1 row)
```

Вы можете получить результаты запроса в определённом порядке:

```
SELECT * FROM weather
    ORDER BY city;
```

```
     city      | temp_lo | temp_hi | prcp |    date
---------------+---------+---------+------+------------
 Hayward       |      37 |      54 |      | 1994-11-29
 San Francisco |      43 |      57 |    0 | 1994-11-29
 San Francisco |      46 |      50 | 0.25 | 1994-11-27
```

В этом примере порядок сортировки определён не полностью, поэтому вы можете получить строки Сан-Франциско в любом порядке. Но вы всегда получите результат, показанный выше, если напишете:

```
SELECT * FROM weather
    ORDER BY city, temp_lo;
```

Если требуется, вы можете убрать дублирующиеся строки из результата запроса:

```
SELECT DISTINCT city
    FROM weather;
```

```
     city
---------------
 Hayward
 San Francisco
(2 rows)
```

И здесь порядок строк также может варьироваться. Чтобы получать неизменные результаты, соедините предложения DISTINCT и ORDER BY: [2]

```
SELECT DISTINCT city
    FROM weather
    ORDER BY city;
```

2.6. Соединения таблиц

До этого все наши запросы обращались только к одной таблице. Однако запросы могут также обращаться сразу к нескольким таблицам или обращаться к той же таблице так, что одновременно будут обрабатываться разные наборы её строк. Запрос, обращающийся к разным наборам строк одной или нескольких таблиц, называется *соединением* (JOIN). Например, мы захотели перечислить все погодные события вместе с координатами соответствующих городов. Для этого мы должны сравнить столбец city каждой строки таблицы weather со столбцом name всех строк таблицы cities и выбрать пары строк, для которых эти значения совпадают.

[2] В некоторых СУБД, включая старые версии PostgreSQL, реализация предложения DISTINCT автоматически упорядочивает строки, так что ORDER BY добавлять не обязательно. Но стандарт SQL этого не требует и текущая версия PostgreSQL не гарантирует определённого порядка строк после DISTINCT.

> **Примечание**
>
> Это не совсем точная модель. Обычно соединения выполняются эффективнее (сравниваются не все возможные пары строк), но это скрыто от пользователя.

Это можно сделать с помощью следующего запроса:

```
SELECT *
    FROM weather, cities
    WHERE city = name;
```

```
     city      |temp_lo|temp_hi| prcp|    date    |     name      | location
---------------+-------+-------+-----+------------+---------------+----------
 San Francisco|     46|     50| 0.25| 1994-11-27| San Francisco| (-194,53)
 San Francisco|     43|     57|    0| 1994-11-29| San Francisco| (-194,53)
(2 rows)
```

Обратите внимание на две особенности полученных данных:

- В результате нет строки с городом Хейуорд (Hayward). Так получилось потому, что в таблице `cities` нет строки для данного города, а при соединении все строки таблицы `weather`, для которых не нашлось соответствие, опускаются. Вскоре мы увидим, как это можно исправить.
- Название города оказалось в двух столбцах. Это правильно и объясняется тем, что столбцы таблиц `weather` и `cities` были объединены. Хотя на практике это нежелательно, поэтому лучше перечислить нужные столбцы явно, а не использовать `*`:

```
SELECT city, temp_lo, temp_hi, prcp, date, location
    FROM weather, cities
    WHERE city = name;
```

Упражнение: Попробуйте определить, что будет делать этот запрос без предложения `WHERE`.

Так как все столбцы имеют разные имена, анализатор запроса автоматически понимает, к какой таблице они относятся. Если бы имена столбцов в двух таблицах повторялись, вам пришлось бы *дополнить* имена столбцов, конкретизируя, что именно вы имели в виду:

```
SELECT weather.city, weather.temp_lo, weather.temp_hi,
       weather.prcp, weather.date, cities.location
    FROM weather, cities
    WHERE cities.name = weather.city;
```

Вообще хорошим стилем считается указывать полные имена столбцов в запросе соединения, чтобы запрос не поломался, если позже в таблицы будут добавлены столбцы с повторяющимися именами.

Запросы соединения, которые вы видели до этого, можно также записать в другом виде:

```
SELECT *
    FROM weather INNER JOIN cities ON (weather.city = cities.name);
```

Эта запись не так распространена, как первый вариант, но мы показываем её, чтобы вам было проще понять следующие темы.

Сейчас мы выясним, как вернуть записи о погоде в городе Хейуорд. Мы хотим, чтобы запрос просканировал таблицу `weather` и для каждой её строки нашёл соответствующую строку в таблице `cities`. Если же такая строка не будет найдена, мы хотим, чтобы вместо значений столбцов из таблицы `cities` были подставлены «пустые значения». Запросы такого типа называются *внешними соединениями*. (Соединения, которые мы видели до этого, называются внутренними.) Эта команда будет выглядеть так:

```
SELECT *
    FROM weather LEFT OUTER JOIN cities ON (weather.city = cities.name);
```

```
     city     |temp_lo|temp_hi| prcp|    date    |     name     | location
--------------+-------+-------+-----+------------+--------------+----------
 Hayward      |     37|     54|     | 1994-11-29|              |
 San Francisco|     46|     50| 0.25| 1994-11-27| San Francisco| (-194,53)
 San Francisco|     43|     57|    0| 1994-11-29| San Francisco| (-194,53)
(3 rows)
```

Этот запрос называется *левым внешним соединением*, потому что из таблицы в левой части оператора будут выбраны все строки, а из таблицы справа только те, которые удалось сопоставить каким-нибудь строкам из левой. При выводе строк левой таблицы, для которых не удалось найти соответствия в правой, вместо столбцов правой таблицы подставляются пустые значения (NULL).

Упражнение: Существуют также правые внешние соединения и полные внешние соединения. Попробуйте выяснить, что они собой представляют.

В соединении мы также можем замкнуть таблицу на себя. Это называется *замкнутым соединением*. Например, представьте, что мы хотим найти все записи погоды, в которых температура лежит в диапазоне температур других записей. Для этого мы должны сравнить столбцы `temp_lo` и `temp_hi` каждой строки таблицы `weather` со столбцами `temp_lo` и `temp_hi` другого набора строк `weather`. Это можно сделать с помощью следующего запроса:

```
SELECT W1.city, W1.temp_lo AS low, W1.temp_hi AS high,
    W2.city, W2.temp_lo AS low, W2.temp_hi AS high
    FROM weather W1, weather W2
    WHERE W1.temp_lo < W2.temp_lo
    AND W1.temp_hi > W2.temp_hi;

     city      | low | high |     city      | low | high
---------------+-----+------+---------------+-----+------
 San Francisco |  43 |   57 | San Francisco |  46 |   50
 Hayward       |  37 |   54 | San Francisco |  46 |   50
(2 rows)
```

Здесь мы ввели новые обозначения таблицы weather: `W1` и `W2`, чтобы можно было различить левую и правую стороны соединения. Вы можете использовать подобные псевдонимы и в других запросах для сокращения:

```
SELECT *
    FROM weather w, cities c
    WHERE w.city = c.name;
```

Вы будете встречать сокращения такого рода довольно часто.

2.7. Агрегатные функции

Как большинство других серверов реляционных баз данных, PostgreSQL поддерживает *агрегатные функции*. Агрегатная функция вычисляет единственное значение, обрабатывая множество строк. Например, есть агрегатные функции, вычисляющие: `count` (количество), `sum` (сумму), `avg` (среднее), `max` (максимум) и `min` (минимум) для набора строк.

К примеру, мы можем найти самую высокую из всех минимальных дневных температур:

```
SELECT max(temp_lo) FROM weather;

 max
-----
  46
(1 row)
```

Если мы хотим узнать, в каком городе (или городах) наблюдалась эта температура, можно попробовать:

```
SELECT city FROM weather WHERE temp_lo = max(temp_lo);     НЕВЕРНО
```

но это не будет работать, так как агрегатную функцию max нельзя использовать в предложении WHERE. (Это ограничение объясняется тем, что предложение WHERE должно определить, для каких строк вычислять агрегатную функцию, так что оно, очевидно, должно вычисляться до агрегатных функций.) Однако как часто бывает, запрос можно переписать и получить желаемый результат, применив *подзапрос*:

```
SELECT city FROM weather
    WHERE temp_lo = (SELECT max(temp_lo) FROM weather);

     city
---------------
 San Francisco
(1 row)
```

Теперь всё в порядке — подзапрос выполняется отдельно и результат агрегатной функции вычисляется вне зависимости от того, что происходит во внешнем запросе.

Агрегатные функции также очень полезны в сочетании с предложением GROUP BY. Например, мы можем получить количество замеров и максимум минимальной дневной температуры в разрезе городов:

```
SELECT city, count(*), max(temp_lo)
    FROM weather
    GROUP BY city;

     city      | count | max
---------------+-------+-----
 Hayward       |     1 |  37
 San Francisco |     2 |  46
(2 rows)
```

Здесь мы получаем по одной строке для каждого города. Каждый агрегатный результат вычисляется по строкам таблицы, соответствующим отдельному городу. Мы можем отфильтровать сгруппированные строки с помощью предложения HAVING:

```
SELECT city, count(*), max(temp_lo)
    FROM weather
    GROUP BY city
    HAVING max(temp_lo) < 40;

  city   | count | max
---------+-------+-----
 Hayward |     1 |  37
(1 row)
```

Мы получаем те же результаты, но только для тех городов, где все значения temp_lo меньше 40. Наконец, если нас интересуют только города, названия которых начинаются с «S», мы можем сделать:

```
SELECT city, count(*), max(temp_lo)
    FROM weather
    WHERE city LIKE 'S%'            -- 1
    GROUP BY city;
```

1 Оператор LIKE (выполняющий сравнение по шаблону) рассматривается в Разделе 9.7.

Важно понимать, как соотносятся агрегатные функции и SQL-предложения WHERE и HAVING. Основное отличие WHERE от HAVING заключается в том, что WHERE сначала выбирает строки, а затем группирует их и вычисляет агрегатные функции (таким образом, она отбирает строки для вычисления агрегатов), тогда как HAVING отбирает строки групп после группировки и вычисления агрегатных функций. Как следствие, предложение WHERE не должно содержать агрегатных функций; не имеет смысла использовать агрегатные функции для определения строк для вычисления агрегатных функций. Предложение HAVING, напротив, всегда содержит агрегатные функции. (Строго говоря, вы можете написать предложение HAVING, не используя агрегаты, но это редко бывает полезно. То же самое условие может работать более эффективно на стадии WHERE.)

В предыдущем примере мы смогли применить фильтр по названию города в предложении WHERE, так как названия не нужно агрегировать. Такой фильтр эффективнее, чем дополнительное ограничение HAVING, потому что с ним не приходится группировать и вычислять агрегаты для всех строк, не удовлетворяющих условию WHERE.

Ещё один способ выбрать строки, которые входят в составные вычисления, — это использовать предложение FILTER, которое указывается для каждой агрегатной функции:

```
SELECT city, count(*) FILTER (WHERE temp_lo < 45), max(temp_lo)
    FROM weather
    GROUP BY city;
```

```
     city      | count | max
---------------+-------+-----
 Hayward       |     1 |  37
 San Francisco |     1 |  46
(2 rows)
```

Предложение FILTER очень похоже на WHERE, за исключением того, что отбрасываются входные строки только конкретной агрегатной функции, с которой оно используется. Здесь агрегатная функция count подсчитывает только строки с temp_lo ниже 45; но агрегатная функция max по-прежнему применяется ко всем строкам, поэтому находит значение 46.

2.8. Изменение данных

Данные в существующих строках можно изменять, используя команду UPDATE. Например, предположим, что вы обнаружили, что все значения температуры после 28 ноября завышены на два градуса. Вы можете поправить ваши данные следующим образом:

```
UPDATE weather
    SET temp_hi = temp_hi - 2,  temp_lo = temp_lo - 2
    WHERE date > '1994-11-28';
```

Посмотрите на новое состояние данных:

```
SELECT * FROM weather;
```

```
     city      | temp_lo | temp_hi | prcp |    date
---------------+---------+---------+------+------------
 San Francisco |      46 |      50 | 0.25 | 1994-11-27
 San Francisco |      41 |      55 |    0 | 1994-11-29
 Hayward       |      35 |      52 |      | 1994-11-29
(3 rows)
```

2.9. Удаление данных

Строки также можно удалить из таблицы, используя команду DELETE. Предположим, что вас больше не интересует погода в Хейуорде. В этом случае вы можете удалить ненужные строки из таблицы:

```
DELETE FROM weather WHERE city = 'Hayward';
```

Записи всех наблюдений, относящиеся к Хейуорду, удалены.

```
SELECT * FROM weather;
```

```
     city      | temp_lo | temp_hi | prcp |    date
---------------+---------+---------+------+------------
 San Francisco |      46 |      50 | 0.25 | 1994-11-27
 San Francisco |      41 |      55 |    0 | 1994-11-29
```

```
(2 rows)
```

Остерегайтесь операторов вида

```
DELETE FROM имя_таблицы;
```

Без указания условия `DELETE` удалит *все* строки данной таблицы, полностью очистит её. При этом система не попросит вас подтвердить операцию!

Глава 3. Расширенные возможности

3.1. Введение

В предыдущей главе мы изучили азы использования SQL для хранения и обработки данных в PostgreSQL. Теперь мы обсудим более сложные возможности SQL, помогающие управлять данными и предотвратить их потерю или порчу. В конце главы мы рассмотрим некоторые расширения PostgreSQL.

В этой главе мы будем время от времени ссылаться на примеры, приведённые в Главе 2 и изменять или развивать их, поэтому будет полезно сначала прочитать предыдущую главу. Некоторые примеры этой главы также можно найти в файле `advanced.sql` в каталоге tutorial. Кроме того, этот файл содержит пример данных для загрузки (здесь она повторно не рассматривается). Если вы не знаете, как использовать этот файл, обратитесь к Разделу 2.1.

3.2. Представления

Вспомните запросы, с которыми мы имели дело в Разделе 2.6. Предположим, что вас интересует составной список из погодных записей и координат городов, но вы не хотите каждый раз вводить весь этот запрос. Вы можете создать *представление* по данному запросу, фактически присвоить имя запросу, а затем обращаться к нему как к обычной таблице:

```
CREATE VIEW myview AS
    SELECT name, temp_lo, temp_hi, prcp, date, location
        FROM weather, cities
        WHERE city = name;

SELECT * FROM myview;
```

Активное использование представлений — это ключевой аспект хорошего проектирования баз данных SQL. Представления позволяют вам скрыть внутреннее устройство ваших таблиц, которые могут меняться по мере развития приложения, за надёжными интерфейсами.

Представления можно использовать практически везде, где можно использовать обычные таблицы. И довольно часто представления создаются на базе других представлений.

3.3. Внешние ключи

Вспомните таблицы `weather` и `cities` из Главы 2. Давайте рассмотрим следующую задачу: вы хотите добиться, чтобы никто не мог вставить в таблицу `weather` строки, для которых не находится соответствующая строка в таблице `cities`. Это называется обеспечением *ссылочной целостности* данных. В простых СУБД это пришлось бы реализовать (если это вообще возможно) так: сначала явно проверить, есть ли соответствующие записи в таблице `cities`, а затем отклонить или вставить новые записи в таблицу `weather`. Этот подход очень проблематичен и неудобен, поэтому всё это PostgreSQL может сделать за вас.

Новое объявление таблицы будет выглядеть так:

```
CREATE TABLE cities (
        name     varchar(80) primary key,
        location point
);

CREATE TABLE weather (
        city      varchar(80) references cities(name),
        temp_lo   int,
        temp_hi   int,
        prcp      real,
```

```
        date       date
);
```

Теперь попробуйте вставить недопустимую запись:

```
INSERT INTO weather VALUES ('Berkeley', 45, 53, 0.0, '1994-11-28');
```

```
ОШИБКА:  INSERT или UPDATE в таблице "weather" нарушает ограничение внешнего ключа
 "weather_city_fkey"
ПОДРОБНОСТИ:  Ключ (city)=(Berkeley) отсутствует в таблице "cities".
```

Поведение внешних ключей можно подстроить согласно требованиям вашего приложения. Мы не будем усложнять этот простой пример в данном введении, но вы можете обратиться за дополнительной информацией к Главе 5. Правильно применяя внешние ключи, вы определённо создадите более качественные приложения, поэтому мы настоятельно рекомендуем изучить их.

3.4. Транзакции

Транзакции — это фундаментальное понятие во всех СУБД. Суть транзакции в том, что она объединяет последовательность действий в одну операцию «всё или ничего». Промежуточные состояния внутри последовательности не видны другим транзакциям, и если что-то помешает успешно завершить транзакцию, ни один из результатов этих действий не сохранится в базе данных.

Например, рассмотрим базу данных банка, в которой содержится информация о счетах клиентов, а также общие суммы по отделениям банка. Предположим, что мы хотим перевести 100 долларов со счёта Алисы на счёт Боба. Простоты ради, соответствующие SQL-команды можно записать так:

```
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
UPDATE branches SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = (SELECT branch_name FROM accounts WHERE name = 'Alice');
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Bob';
UPDATE branches SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = (SELECT branch_name FROM accounts WHERE name = 'Bob');
```

Точное содержание команд здесь не важно, важно лишь то, что для выполнения этой довольно простой операции потребовалось несколько отдельных действий. При этом с точки зрения банка необходимо, чтобы все эти действия выполнились вместе, либо не выполнились совсем. Если Боб получит 100 долларов, но они не будут списаны со счёта Алисы, объяснить это сбоем системы определённо не удастся. И наоборот, Алиса вряд ли будет довольна, если она переведёт деньги, а до Боба они не дойдут. Нам нужна гарантия, что если что-то помешает выполнить операцию до конца, ни одно из действий не оставит следа в базе данных. И мы получаем эту гарантию, объединяя действия в одну *транзакцию*. Говорят, что транзакция *атомарна*: с точки зрения других транзакций она либо выполняется и фиксируется полностью, либо не фиксируется совсем.

Нам также нужна гарантия, что после завершения и подтверждения транзакции системой баз данных, её результаты в самом деле сохраняются и не будут потеряны, даже если вскоре произойдёт авария. Например, если мы списали сумму и выдали её Бобу, мы должны исключить возможность того, что сумма на его счёте восстановится, как только он выйдет за двери банка. Транзакционная база данных гарантирует, что все изменения записываются в постоянное хранилище (например, на диск) до того, как транзакция будет считаться завершённой.

Другая важная характеристика транзакционных баз данных тесно связана с атомарностью изменений: когда одновременно выполняется множество транзакций, каждая из них не видит незавершённые изменения, произведённые другими. Например, если одна транзакция подсчитывает баланс по отделениям, будет неправильно, если она посчитает расход в отделении Алисы, но не учтёт приход в отделении Боба, или наоборот. Поэтому свойство транзакций «всё или ничего» должно определять не только, как изменения сохраняются в базе данных, но и как они видны в процессе работы. Изменения, производимые открытой транзакцией, невидимы для других транзакций, пока она не будет завершена, а затем они становятся видны все сразу.

В PostgreSQL транзакция определяется набором SQL-команд, окружённым командами BEGIN и COMMIT. Таким образом, наша банковская транзакция должна была бы выглядеть так:

```
BEGIN;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
-- ...
COMMIT;
```

Если в процессе выполнения транзакции мы решим, что не хотим фиксировать её изменения (например, потому что оказалось, что баланс Алисы стал отрицательным), мы можем выполнить команду ROLLBACK вместо COMMIT, и все наши изменения будут отменены.

PostgreSQL на самом деле отрабатывает каждый SQL-оператор как транзакцию. Если вы не вставите команду BEGIN, то каждый отдельный оператор будет неявно окружён командами BEGIN и COMMIT (в случае успешного завершения). Группу операторов, окружённых командами BEGIN и COMMIT иногда называют *блоком транзакции*.

> **Примечание**
>
> Некоторые клиентские библиотеки добавляют команды BEGIN и COMMIT автоматически и неявно создают за вас блоки транзакций. Подробнее об этом вы можете узнать в документации интересующего вас интерфейса.

Операторами в транзакции можно также управлять на более детальном уровне, используя *точки сохранения*. Точки сохранения позволяют выборочно отменять некоторые части транзакции и фиксировать все остальные. Определив точку сохранения с помощью SAVEPOINT, при необходимости вы можете вернуться к ней с помощью команды ROLLBACK TO. Все изменения в базе данных, произошедшие после точки сохранения и до момента отката, отменяются, но изменения, произведённые ранее, сохраняются.

Когда вы возвращаетесь к точке сохранения, она продолжает существовать, так что вы можете откатываться к ней несколько раз. С другой стороны, если вы уверены, что вам не придётся откатываться к определённой точке сохранения, её можно удалить, чтобы система высвободила ресурсы. Помните, что при удалении или откате к точке сохранения все точки сохранения, определённые после неё, автоматически уничтожаются.

Всё это происходит в блоке транзакции, так что в других сеансах работы с базой данных этого не видно. Совершённые действия становятся видны для других сеансов все сразу, только когда вы фиксируете транзакцию, а отменённые действия не видны вообще никогда.

Вернувшись к банковской базе данных, предположим, что мы списываем 100 долларов со счёта Алисы, добавляем их на счёт Боба, и вдруг оказывается, что деньги нужно было перевести Уолли. В данном случае мы можем применить точки сохранения:

```
BEGIN;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
SAVEPOINT my_savepoint;
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Bob';
-- ошибочное действие... забыть его и использовать счёт Уолли
ROLLBACK TO my_savepoint;
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Wally';
COMMIT;
```

Этот пример, конечно, несколько надуман, но он показывает, как можно управлять выполнением команд в блоке транзакций, используя точки сохранения. Более того, ROLLBACK TO — это единственный способ вернуть контроль над блоком транзакций, оказавшимся в прерванном состоянии из-за ошибки системы, не считая возможности полностью отменить её и начать снова.

3.5. Оконные функции

Оконная функция выполняет вычисления для набора строк, некоторым образом связанных с текущей строкой. Её действие можно сравнить с вычислением, производимым агрегатной функцией. Однако с оконными функциями строки не группируются в одну выходную строку, что имеет место с обычными, не оконными, агрегатными функциями. Вместо этого, эти строки остаются отдельными сущностями. Внутри же, оконная функция, как и агрегатная, может обращаться не только к текущей строке результата запроса.

Вот пример, показывающий, как сравнить зарплату каждого сотрудника со средней зарплатой его отдела:

```
SELECT depname, empno, salary, avg(salary) OVER (PARTITION BY depname) FROM empsalary;
```

```
  depname  | empno | salary |          avg
-----------+-------+--------+-----------------------
 develop   |    11 |   5200 | 5020.0000000000000000
 develop   |     7 |   4200 | 5020.0000000000000000
 develop   |     9 |   4500 | 5020.0000000000000000
 develop   |     8 |   6000 | 5020.0000000000000000
 develop   |    10 |   5200 | 5020.0000000000000000
 personnel |     5 |   3500 | 3700.0000000000000000
 personnel |     2 |   3900 | 3700.0000000000000000
 sales     |     3 |   4800 | 4866.6666666666666667
 sales     |     1 |   5000 | 4866.6666666666666667
 sales     |     4 |   4800 | 4866.6666666666666667
(10 rows)
```

Первые три столбца извлекаются непосредственно из таблицы `empsalary`, при этом для каждой строки таблицы есть строка результата. В четвёртом столбце оказалось среднее значение, вычисленное по всем строкам, имеющим то же значение `depname`, что и текущая строка. (Фактически среднее вычисляет та же обычная, не оконная функция `avg`, но предложение `OVER` превращает её в оконную, так что её действие ограничивается рамками окон.)

Вызов оконной функции всегда содержит предложение `OVER`, следующее за названием и аргументами оконной функции. Это синтаксически отличает её от обычной, не оконной агрегатной функции. Предложение `OVER` определяет, как именно нужно разделить строки запроса для обработки оконной функцией. Предложение `PARTITION BY`, дополняющее `OVER`, разделяет строки по группам, или разделам, объединяя одинаковые значения выражений `PARTITION BY`. Оконная функция вычисляется по строкам, попадающим в один раздел с текущей строкой.

Вы можете также определять порядок, в котором строки будут обрабатываться оконными функциями, используя `ORDER BY` в `OVER`. (Порядок `ORDER BY` для окна может даже не совпадать с порядком, в котором выводятся строки.) Например:

```
SELECT depname, empno, salary,
       rank() OVER (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC)
FROM empsalary;
```

```
  depname  | empno | salary | rank
-----------+-------+--------+------
 develop   |     8 |   6000 |    1
 develop   |    10 |   5200 |    2
 develop   |    11 |   5200 |    2
 develop   |     9 |   4500 |    4
 develop   |     7 |   4200 |    5
 personnel |     2 |   3900 |    1
```

```
 personnel |      5 |    3500 |     2
 sales     |      1 |    5000 |     1
 sales     |      4 |    4800 |     2
 sales     |      3 |    4800 |     2
(10 rows)
```

Как показано здесь, функция `rank` выдаёт порядковый номер для каждого уникального значения в разделе текущей строки, по которому выполняет сортировку предложение `ORDER BY`. У функции `rank` нет параметров, так как её поведение полностью определяется предложением `OVER`.

Строки, обрабатываемые оконной функцией, представляют собой «виртуальные таблицы», созданные из предложения `FROM` и затем прошедшие через фильтрацию и группировку `WHERE` и `GROUP BY` и, возможно, условие `HAVING`. Например, строка, отфильтрованная из-за нарушения условия `WHERE`, не будет видна для оконных функций. Запрос может содержать несколько оконных функций, разделяющих данные по-разному с применением разных предложений `OVER`, но все они будут обрабатывать один и тот же набор строк этой виртуальной таблицы.

Мы уже видели, что `ORDER BY` можно опустить, если порядок строк не важен. Также возможно опустить `PARTITION BY`, в этом случае образуется один раздел, содержащий все строки.

Есть ещё одно важное понятие, связанное с оконными функциями: для каждой строки существует набор строк в её разделе, называемый *рамкой окна*. Некоторые оконные функции обрабатывают только строки рамки окна, а не всего раздела. По умолчанию с указанием `ORDER BY` рамка состоит из всех строк от начала раздела до текущей строки и строк, равных текущей по значению выражения `ORDER BY`. Без `ORDER BY` рамка по умолчанию состоит из всех строк раздела. [1] Посмотрите на пример использования `sum`:

```
SELECT salary, sum(salary) OVER () FROM empsalary;
```

```
 salary |  sum
--------+-------
   5200 | 47100
   5000 | 47100
   3500 | 47100
   4800 | 47100
   3900 | 47100
   4200 | 47100
   4500 | 47100
   4800 | 47100
   6000 | 47100
   5200 | 47100
(10 rows)
```

Так как в этом примере нет указания `ORDER BY` в предложении `OVER`, рамка окна содержит все строки раздела, а он, в свою очередь, без предложения `PARTITION BY` включает все строки таблицы; другими словами, сумма вычисляется по всей таблице и мы получаем один результат для каждой строки результата. Но если мы добавим `ORDER BY`, мы получим совсем другие результаты:

```
SELECT salary, sum(salary) OVER (ORDER BY salary) FROM empsalary;
```

```
 salary |  sum
--------+-------
   3500 |  3500
   3900 |  7400
   4200 | 11600
   4500 | 16100
   4800 | 25700
   4800 | 25700
```

[1] Рамки окна можно определять и другими способами, но в этом введении они не рассматриваются. Узнать о них подробнее вы можете в Подразделе 4.2.8.

```
   5000 | 30700
   5200 | 41100
   5200 | 41100
   6000 | 47100
(10 rows)
```

Здесь в сумме накапливаются зарплаты от первой (самой низкой) до текущей, включая повторяющиеся текущие значения (обратите внимание на результат в строках с одинаковой зарплатой).

Оконные функции разрешается использовать в запросе только в списке `SELECT` и предложении `ORDER BY`. Во всех остальных предложениях, включая `GROUP BY`, `HAVING` и `WHERE`, они запрещены. Это объясняется тем, что логически они выполняются после этих предложений, а также после не оконных агрегатных функций, и значит агрегатную функцию можно вызывать в аргументах оконной, но не наоборот.

Если вам нужно отфильтровать или сгруппировать строки после вычисления оконных функций, вы можете использовать вложенный запрос. Например:

```
SELECT depname, empno, salary, enroll_date
FROM
  (SELECT depname, empno, salary, enroll_date,
    rank() OVER (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC, empno) AS pos
   FROM empsalary
  ) AS ss
WHERE pos < 3;
```

Данный запрос покажет только те строки внутреннего запроса, у которых `rank` (порядковый номер) меньше 3.

Когда в запросе вычисляются несколько оконных функций для одинаково определённых окон, конечно можно написать для каждой из них отдельное предложение `OVER`, но при этом оно будет дублироваться, что неизбежно будет провоцировать ошибки. Поэтому лучше определение окна выделить в предложение `WINDOW`, а затем ссылаться на него в `OVER`. Например:

```
SELECT sum(salary) OVER w, avg(salary) OVER w
  FROM empsalary
  WINDOW w AS (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC);
```

Подробнее об оконных функциях можно узнать в Подразделе 4.2.8, Разделе 9.22, Подразделе 7.2.5 и в справке SELECT.

3.6. Наследование

Наследование — это концепция, взятая из объектно-ориентированных баз данных. Она открывает множество интересных возможностей при проектировании баз данных.

Давайте создадим две таблицы: `cities` (города) и `capitals` (столицы штатов). Естественно, столицы штатов также являются городами, поэтому нам нужно явным образом добавлять их в результат, когда мы хотим просмотреть все города. Если вы проявите смекалку, вы можете предложить, например, такое решение:

```
CREATE TABLE capitals (
  name       text,
  population real,
  elevation  int,    -- (высота в футах)
  state      char(2)
);

CREATE TABLE non_capitals (
  name       text,
  population real,
```

```
  elevation  int     -- (высота в футах)
);

CREATE VIEW cities AS
  SELECT name, population, elevation FROM capitals
    UNION
  SELECT name, population, elevation FROM non_capitals;
```

Оно может устраивать, пока мы извлекаем данные, но если нам потребуется изменить несколько строк, это будет выглядеть некрасиво.

Поэтому есть лучшее решение:

```
CREATE TABLE cities (
  name       text,
  population real,
  elevation  int     -- (высота в футах)
);

CREATE TABLE capitals (
  state      char(2) UNIQUE NOT NULL
) INHERITS (cities);
```

В данном случае строка таблицы `capitals` *наследует* все столбцы (`name`, `population` и `elevation`) от *родительской таблицы* `cities`. Столбец `name` имеет тип `text`, собственный тип PostgreSQL для текстовых строк переменной длины. А в таблицу `capitals` добавлен дополнительный столбец `state`, в котором будет указан буквенный код штата. В PostgreSQL таблица может наследоваться от ноля или нескольких других таблиц.

Например, следующий запрос выведет названия всех городов, включая столицы, находящихся выше 500 футов над уровнем моря:

```
SELECT name, elevation
  FROM cities
  WHERE elevation > 500;
```

Результат его выполнения:

```
   name    | elevation
-----------+----------
 Las Vegas |     2174
 Mariposa  |     1953
 Madison   |      845
(3 rows)
```

А следующий запрос находит все города, которые не являются столицами штатов, но также находятся выше 500 футов:

```
SELECT name, elevation
    FROM ONLY cities
    WHERE elevation > 500;
```

```
   name    | elevation
-----------+----------
 Las Vegas |     2174
 Mariposa  |     1953
(2 rows)
```

Здесь слово `ONLY` перед названием таблицы `cities` указывает, что запрос следует выполнять только для строк таблицы `cities`, не включая таблицы, унаследованные от `cities`. Многие операторы, которые мы уже обсудили — `SELECT`, `UPDATE` и `DELETE` — поддерживают указание `ONLY`.

> **Примечание**
>
> Хотя наследование часто бывает полезно, оно не интегрировано с ограничениями уникальности и внешними ключами, что ограничивает его применимость. Подробнее это описывается в Разделе 5.10.

3.7. Заключение

PostgreSQL имеет множество возможностей, не затронутых в этом кратком введении, рассчитанном на начинающих пользователей SQL. Эти возможности будут рассмотрены в деталях в продолжении книги.

Если вам необходима дополнительная вводная информация, посетите *сайт PostgreSQL*, там вы найдёте ссылки на другие ресурсы.

Часть II. Язык SQL

В этой части книги описывается использование языка SQL в PostgreSQL. Мы начнём с описания общего синтаксиса SQL, затем расскажем, как создавать структуры для хранения данных, как наполнять базу данных и как выполнять запросы к ней. В продолжении будут перечислены существующие типы данных и функции, применяемые с командами SQL. И наконец, закончится эта часть рассмотрением важных аспектов настройки базы данных для оптимальной производительности.

Материал этой части упорядочен так, чтобы новичок мог прочитать её от начала до конца и полностью понять все темы, не забегая вперёд. При этом главы сделаны самодостаточными, так что опытные пользователи могут читать главы по отдельности. Информация в этой части книги представлена в повествовательном стиле и разделена по темам. Если же вас интересует формальное и полное описание определённой команды, см. Часть VI.

Читатели этой части книги должны уже знать, как подключаться к базе данных PostgreSQL и выполнять команды SQL. Если вы ещё не знаете этого, рекомендуется сначала прочитать Часть I. Команды SQL обычно вводятся в psql — интерактивном терминальном приложении PostgreSQL, но можно воспользоваться и другими программами с подобными функциями.

Глава 4. Синтаксис SQL

В этой главе описывается синтаксис языка SQL. Тем самым закладывается фундамент для следующих глав, где будет подробно рассмотрено, как с помощью команд SQL описывать и изменять данные.

Мы советуем прочитать эту главу и тем, кто уже знаком SQL, так как в ней описываются несколько правил и концепций, которые реализованы в разных базах данных SQL по-разному или относятся только к PostgreSQL.

4.1. Лексическая структура

SQL-программа состоит из последовательности *команд*. Команда, в свою очередь, представляет собой последовательность *компонентов*, оканчивающуюся точкой с запятой («;»). Конец входного потока также считается концом команды. Какие именно компоненты допустимы для конкретной команды, зависит от её синтаксиса.

Компонентом команды может быть *ключевое слово*, *идентификатор*, *идентификатор в кавычках*, *строка* (или константа) или специальный символ. Компоненты обычно разделяются пробельными символами (пробел, табуляция, перевод строки), но это не требуется, если нет неоднозначности (например, когда спецсимвол оказывается рядом с компонентом другого типа).

Например, следующий текст является правильной (синтаксически) SQL-программой:

```
SELECT * FROM MY_TABLE;
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;
INSERT INTO MY_TABLE VALUES (3, 'hi there');
```

Это последовательность трёх команд, по одной в строке (хотя их можно было разместить и в одну строку или наоборот, разделить команды на несколько строк).

Кроме этого, SQL-программы могут содержать *комментарии*. Они не являются компонентами команд, а по сути равносильны пробельным символам.

Синтаксис SQL не очень строго определяет, какие компоненты идентифицируют команды, а какие — их операнды или параметры. Первые несколько компонентов обычно содержат имя команды, так что в данном примере мы можем говорить о командах «SELECT», «UPDATE» и «INSERT». Но например, команда `UPDATE` требует, чтобы также в определённом положении всегда стоял компонент `SET`, а `INSERT` в приведённом виде требует наличия компонента `VALUES`. Точные синтаксические правила для каждой команды описаны в Части VI.

4.1.1. Идентификаторы и ключевые слова

Показанные выше команды содержали компоненты `SELECT`, `UPDATE` и `VALUES`, которые являются примерами *ключевых слов*, то есть слов, имеющих фиксированное значение в языке SQL. Компоненты `MY_TABLE` и `A` являются примерами *идентификаторов*. Они идентифицируют имена таблиц, столбцов или других объектов баз данных, в зависимости от того, где они используются. Поэтому иногда их называют просто «именами». Ключевые слова и идентификаторы имеют одинаковую лексическую структуру, то есть, не зная языка, нельзя определить, является ли некоторый компонент ключевым словом или идентификатором. Полный список ключевых слов приведён в Приложении C.

Идентификаторы и ключевые слова SQL должны начинаться с буквы (`a`-`z`, хотя допускаются также не латинские буквы и буквы с диакритическими знаками) или подчёркивания (_). Последующими символами в идентификаторе или ключевом слове могут быть буквы, цифры (`0`-`9`), знаки доллара (`$`) или подчёркивания. Заметьте, что строго следуя букве стандарта SQL, знаки доллара нельзя использовать в идентификаторах, так что их использование вредит переносимости приложений. В стандарте SQL гарантированно не будет ключевых слов с цифрами и начинающихся или заканчивающихся подчёркиванием, так что идентификаторы такого вида защищены от возможных конфликтов с будущими расширениями стандарта.

Система выделяет для идентификатора не более `NAMEDATALEN`-1 байт, а более длинные имена усекаются. По умолчанию `NAMEDATALEN` равно 64, так что максимальная длина идентификатора равна 63 байтам. Если этого недостаточно, этот предел можно увеличить, изменив константу `NAMEDATALEN` в файле `src/include/pg_config_manual.h`.

Ключевые слова и идентификаторы без кавычек воспринимаются системой без учёта регистра. Таким образом:

```
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;
```

равносильно записи:

```
uPDaTE my_TabLE SeT a = 5;
```

Часто используется неформальное соглашение записывать ключевые слова заглавными буквами, а имена строчными, например:

```
UPDATE my_table SET a = 5;
```

Есть и другой тип идентификаторов: *отделённые идентификаторы* или *идентификаторы в кавычках*. Они образуются при заключении обычного набора символов в двойные кавычки ("). Такие идентификаторы всегда будут считаться идентификаторами, но не ключевыми словами. Так `"select"` можно использовать для обозначения столбца или таблицы «select», тогда как `select` без кавычек будет воспринят как ключевое слово и приведёт к ошибке разбора команды в месте, где ожидается имя таблицы или столбца. Тот же пример можно переписать с идентификаторами в кавычках следующим образом:

```
UPDATE "my_table" SET "a" = 5;
```

Идентификаторы в кавычках могут содержать любые символы, за исключением символа с кодом 0. (Чтобы включить в такой идентификатор кавычки, продублируйте их.) Это позволяет создавать таблицы и столбцы с именами, которые иначе были бы невозможны, например, с пробелами или амперсандами. Ограничение длины при этом сохраняется.

Идентификатор, заключённый в кавычки, становится зависимым от регистра, тогда как идентификаторы без кавычек всегда переводятся в нижний регистр. Например, идентификаторы `FOO`, `foo` и `"foo"` считаются одинаковыми в PostgreSQL, но `"Foo"` и `"FOO"` отличны друг от друга и от предыдущих трёх. (Приведение имён без кавычек к нижнему регистру, как это делает PostgreSQL, несовместимо со стандартом SQL, который говорит о том, что имена должны приводиться к верхнему регистру. То есть, согласно стандарту `foo` должно быть эквивалентно `"FOO"`, а не `"foo"`. Поэтому при создании переносимых приложений рекомендуется либо всегда заключать определённое имя в кавычки, либо не заключать никогда.)

Ещё один вариант идентификаторов в кавычках позволяет использовать символы Unicode по их кодам. Такой идентификатор начинается с `U&` (строчная или заглавная U и амперсанд), а затем сразу без пробелов идёт двойная кавычка, например `U&"foo"`. (Заметьте, что при этом возникает неоднозначность с оператором `&`. Чтобы её избежать, окружайте этот оператор пробелами.) Затем в кавычках можно записывать символы Unicode двумя способами: обратная косая черта, а за ней код символа из четырёх шестнадцатеричных цифр, либо обратная косая черта, знак плюс, а затем код из шести шестнадцатеричных цифр. Например, идентификатор `"data"` можно записать так:

```
U&"d\0061t\+000061"
```

В следующем менее тривиальном примере закодировано русское слово «слон», записанное кириллицей:

```
U&"\0441\043B\043E\043D"
```

Если вы хотите использовать не обратную косую черту, а другой спецсимвол, его можно указать, добавив `UESCAPE` после строки, например:

```
U&"d!0061t!+000061" UESCAPE '!'
```

В качестве спецсимвола можно выбрать любой символ, кроме шестнадцатеричной цифры, знака плюс, апострофа, кавычки или пробельного символа. Заметьте, что спецсимвол заключается не в двойные кавычки, а в апострофы, после `UESCAPE`.

Чтобы сделать спецсимволом знак апострофа, напишите его дважды.

Записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF можно либо в четырёх-, либо в шестизначной форме, хотя наличие шестизначной формы технически делает это ненужным. (Суррогатные пары не сохраняются непосредственно, а объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

Когда кодировка сервера — не UTF-8, символ с кодом, указанным этой спецпоследовательностью, преобразуется в фактическую кодировку сервера; если такое преобразование невозможно, выдаётся ошибка.

4.1.2. Константы

В PostgreSQL есть три типа констант *подразумеваемых типов*: строки, битовые строки и числа. Константы можно также записывать, указывая типы явно, что позволяет представить их более точно и обработать более эффективно. Эти варианты рассматриваются в следующих подразделах.

4.1.2.1. Строковые константы

Строковая константа в SQL — это обычная последовательность символов, заключённая в апострофы (`'`), например: `'Это строка'`. Чтобы включить апостроф в строку, напишите в ней два апострофа рядом, например: `'Жанна д''Арк'`. Заметьте, это *не* то же самое, что двойная кавычка (`"`).

Две строковые константы, разделённые пробельными символами *и минимум одним переводом строки*, объединяются в одну и обрабатываются, как если бы строка была записана в одной константе. Например:

```
SELECT 'foo'
'bar';
```

эквивалентно:

```
SELECT 'foobar';
```

но эта запись:

```
SELECT 'foo'      'bar';
```

считается синтаксической ошибкой. (Это несколько странное поведение определено в стандарте SQL, PostgreSQL просто следует ему.)

4.1.2.2. Строковые константы со спецпоследовательностями в стиле C

PostgreSQL также принимает «спецпоследовательности», что является расширением стандарта SQL. Строка со спецпоследовательностями начинается с буквы `E` (заглавной или строчной), стоящей непосредственно перед апострофом, например: `E'foo'`. (Когда константа со спецпоследовательностью разбивается на несколько строк, букву `E` нужно поставить только перед первым открывающим апострофом.) Внутри таких строк символ обратной косой черты (`\`) начинает C-подобные *спецпоследовательности*, в которых сочетание обратной косой черты со следующим символом(ами) даёт определённое байтовое значение, как показано в Таблице 4.1.

Таблица 4.1. Спецпоследовательности

Спецпоследовательность	Интерпретация
`\b`	символ «забой»
`\f`	подача формы
`\n`	новая строка
`\r`	возврат каретки
`\t`	табуляция

Спецпоследовательность	Интерпретация
`\o`, `\oo`, `\ooo` (*o* = 0–7)	восьмеричное значение байта
`\xh`, `\xhh` (*h* = 0–9, A–F)	шестнадцатеричное значение байта
`\uxxxx`, `\Uxxxxxxxx` (*x* = 0–9, A–F)	16- или 32-битный шестнадцатеричный код символа Unicode

Любой другой символ, идущий после обратной косой черты, воспринимается буквально. Таким образом, чтобы включить в строку обратную косую черту, нужно написать две косых черты (`\\`). Так же можно включить в строку апостроф, написав `\'`, в дополнение к обычному способу `''`.

Вы должны позаботиться, чтобы байтовые последовательности, которые вы создаёте таким образом, особенно в восьмеричной и шестнадцатеричной записи, образовывали допустимые символы в серверной кодировке. Также может быть полезно использовать спецпоследовательности Unicode или альтернативную запись, описанную в Подразделе 4.1.2.3; в этом случае сервер будет проверять, возможно ли преобразовать указанный символ.

Внимание

Если параметр конфигурации standard_conforming_strings имеет значение `off`, PostgreSQL распознаёт обратную косую черту как спецсимвол и в обычных строках, и в строках со спецпоследовательностями. Однако в версии PostgreSQL 9.1 по умолчанию принято значение `on`, и в этом случае обратная косая черта распознаётся только в спецстроках. Это поведение больше соответствует стандарту, хотя может нарушить работу приложений, рассчитанных на предыдущий режим, когда обратная косая черта распознавалась везде. В качестве временного решения вы можете изменить этот параметр на `off`, но лучше уйти от такой практики. Если вам нужно, чтобы обратная косая черта представляла специальный символ, задайте строковую константу с `E`.

В дополнение к `standard_conforming_strings` поведением обратной косой черты в строковых константах управляют параметры escape_string_warning и backslash_quote.

Строковая константа не может включать символ с кодом 0.

4.1.2.3. Строковые константы со спецпоследовательностями Unicode

PostgreSQL также поддерживает ещё один вариант спецпоследовательностей, позволяющий включать в строки символы Unicode по их кодам. Строковая константа со спецпоследовательностями Unicode начинается с `U&` (строчная или заглавная U и амперсанд), а затем сразу без пробелов идёт апостроф, например `U&'foo'`. (Заметьте, что при этом возникает неоднозначность с оператором `&`. Чтобы её избежать, окружайте этот оператор пробелами.) Затем в апострофах можно записывать символы Unicode двумя способами: обратная косая черта, а за ней код символа из четырёх шестнадцатеричных цифр, либо обратная косая черта, знак плюс, а затем код из шести шестнадцатеричных цифр. Например, строку `'data'` можно записать так:

```
U&'d\0061t\+000061'
```

В следующем менее тривиальном примере закодировано русское слово «слон», записанное кириллицей:

```
U&'\0441\043B\043E\043D'
```

Если вы хотите использовать не обратную косую черту, а другой спецсимвол, его можно указать, добавив `UESCAPE`после строки, например:

```
U&'d!0061t!+000061' UESCAPE '!'
```

В качестве спецсимвола можно выбрать любой символ, кроме шестнадцатеричной цифры, знака плюс, апострофа, кавычки или пробельного символа.

Чтобы включить спецсимвол в строку буквально, напишите его дважды.

Записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF можно либо в четырёх-, либо в шестизначной форме, хотя наличие шестизначной формы технически делает это ненужным. (Суррогатные пары не сохраняются непосредственно, а объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

Когда кодировка сервера — не UTF-8, символ с кодом, указанным этой спецпоследовательностью, преобразуется в фактическую кодировку сервера; если такое преобразование невозможно, выдаётся ошибка.

Также заметьте, что спецпоследовательности Unicode в строковых константах работают, только когда параметр конфигурации standard_conforming_strings равен `on`. Это объясняется тем, что иначе клиентские программы, проверяющие SQL-операторы, можно будет ввести в заблуждение и эксплуатировать это как уязвимость, например, для SQL-инъекций. Если этот параметр имеет значение `off`, эти спецпоследовательности будут вызывать ошибку.

4.1.2.4. Строковые константы, заключённые в доллары

Хотя стандартный синтаксис для строковых констант обычно достаточно удобен, он может плохо читаться, когда строка содержит много апострофов, так как каждый такой символ приходится дублировать. Чтобы и в таких случаях запросы оставались читаемыми, PostgreSQL предлагает ещё один способ записи строковых констант — «заключение строк в доллары». Строковая константа, заключённая в доллары, начинается со знака доллара (`$`), необязательного «тега» из нескольких символов и ещё одного знака доллара, затем содержит обычную последовательность символов, составляющую строку, и оканчивается знаком доллара, тем же тегом и замыкающим знаком доллара. Например, строку «Жанна д'Арк» можно записать в долларах двумя способами:

```
$$Жанна д'Арк$$
$SomeTag$Жанна д'Арк$SomeTag$
```

Заметьте, что внутри такой строки апострофы не нужно записывать особым образом. На самом деле, в строке, заключённой в доллары, все символы можно записывать в чистом виде: содержимое строки всегда записывается буквально. Ни обратная косая черта, ни даже знак доллара не являются спецсимволами, если только они не образуют последовательность, соответствующую открывающему тегу.

Строковые константы в долларах можно вкладывать друг в друга, выбирая на разных уровнях вложенности разные теги. Чаще всего это используется при написании определений функций. Например:

```
$function$
BEGIN
    RETURN ($1 ~ $q$[\t\r\n\v\\]$q$);
END;
$function$
```

Здесь последовательность `$q$[\t\r\n\v\\]$q$` представляет в долларах текстовую строку `[\t\r\n\v\\]`, которая будет обработана, когда PostgreSQL будет выполнять эту функцию. Но так как эта последовательность не соответствует внешнему тегу в долларах (`$function$`), с точки зрения внешней строки это просто обычные символы внутри константы.

Тег строки в долларах, если он присутствует, должен соответствовать правилам, определённым для идентификаторов без кавычек, и к тому же не должен содержать знак доллара. Теги регистрозависимы, так что `$tag$String content$tag$` — правильная строка, а `$TAG$String content$tag$` — нет.

Строка в долларах, следующая за ключевым словом или идентификатором, должна отделяться от него пробельными символами, иначе доллар будет считаться продолжением предыдущего идентификатора.

Заключение строк в доллары не является частью стандарта SQL, но часто это более удобный способ записывать сложные строки, чем стандартный вариант с апострофами. Он особенно полезен, когда нужно представить строковую константу внутри другой строки, что часто требуется в определениях процедурных функций. Ограничившись только апострофами, каждую обратную косую черту в приведённом примере пришлось бы записывать четырьмя такими символами, которые бы затем уменьшились до двух при разборе внешней строки, и наконец до одного при обработке внутренней строки во время выполнения функции.

4.1.2.5. Битовые строковые константы

Битовые строковые константы похожи на обычные с дополнительной буквой `B` (заглавной или строчной), добавленной непосредственно перед открывающим апострофом (без промежуточных пробелов), например: `B'1001'`. В битовых строковых константах допускаются лишь символы `0` и `1`.

Битовые константы могут быть записаны и по-другому, в шестнадцатеричном виде, с начальной буквой `X` (заглавной или строчной), например: `X'1FF'`. Такая запись эквивалентна двоичной, только четыре двоичных цифры заменяются одной шестнадцатеричной.

Обе формы записи допускают перенос строк так же, как и обычные строковые константы. Однако заключать в доллары битовые строки нельзя.

4.1.2.6. Числовые константы

Числовые константы могут быть заданы в следующем общем виде:

цифры
цифры`.[`*цифры*`][e[+-]`*цифры*`]`
`[`*цифры*`].`*цифры*`[e[+-]`*цифры*`]`
цифры`e[+-]`*цифры*

где *цифры* — это одна или несколько десятичных цифр (0..9). До или после десятичной точки (при её наличии) должна быть минимум одна цифра. Как минимум одна цифра должна следовать за обозначением экспоненты (`e`), если оно присутствует. В числовой константе не может быть пробелов или других символов. Заметьте, что любой знак минус или плюс в начале строки не считается частью числа; это оператор, применённый к константе.

Несколько примеров допустимых числовых констант:

42
3.5
4.
.001
5e2
1.925e-3

Числовая константа, не содержащая точки и экспоненты, изначально рассматривается как константа типа `integer`, если её значение умещается в 32-битный тип `integer`; затем как константа типа `bigint`, если её значение умещается в 64-битный `bigint`; в противном случае она принимает тип `numeric`. Константы, содержащие десятичные точки и/или экспоненты, всегда считаются константами типа `numeric`.

Изначально назначенный тип данных числовой константы это только отправная точка для алгоритмов определения типа. В большинстве случаев константа будет автоматически приведена к наиболее подходящему типу для данного контекста. При необходимости вы можете принудительно интерпретировать числовое значение как значение определённого типа, приведя его тип к нужному. Например, вы можете сделать, чтобы числовое значение рассматривалось как имеющее тип `real` (`float4`), написав:

```
REAL '1.23'  -- строковый стиль
1.23::REAL   -- стиль PostgreSQL (исторический)
```

На самом деле это только частные случаи синтаксиса приведения типов, который будет рассматриваться далее.

4.1.2.7. Константы других типов

Константу *обычного* типа можно ввести одним из следующих способов:

```
type 'string'
'string'::type
CAST ( 'string' AS type )
```

Текст строковой константы передаётся процедуре преобразования ввода для типа, обозначенного здесь *type*. Результатом становится константа указанного типа. Явное приведение типа можно опустить, если нужный тип константы определяется однозначно (например, когда она присваивается непосредственно столбцу таблицы), так как в этом случае приведение происходит автоматически.

Строковую константу можно записать, используя как обычный синтаксис SQL, так и формат с долларами.

Также можно записать приведение типов, используя синтаксис функций:

```
typename ( 'string' )
```

но это работает не для всех имён типов; подробнее об этом написано в Подразделе 4.2.9.

Конструкцию `::`, `CAST()` и синтаксис вызова функции можно также использовать для преобразования типов обычных выражений во время выполнения, как описано в Подразделе 4.2.9. Во избежание синтаксической неопределённости, запись `тип 'строка'` можно использовать только для указания типа простой текстовой константы. Ещё одно ограничение записи `тип 'строка'`: она не работает для массивов; для таких констант следует использовать `::` или `CAST()`.

Синтаксис `CAST()` соответствует SQL, а запись `type 'string'` является обобщением стандарта: в SQL такой синтаксис поддерживает только некоторые типы данных, но PostgreSQL позволяет использовать его для всех. Синтаксис с `::` имеет исторические корни в PostgreSQL, как и запись в виде вызова функции.

4.1.3. Операторы

Имя оператора образует последовательность не более чем `NAMEDATALEN`-1 (по умолчанию 63) символов из следующего списка:

+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ?

Однако для имён операторов есть ещё несколько ограничений:

- Сочетания символов `--` и `/*` не могут присутствовать в имени оператора, так как они будут обозначать начало комментария.
- Многосимвольное имя оператора не может заканчиваться знаком `+` или `-`, если только оно не содержит также один из этих символов:

  ~ ! @ # % ^ & | ` ?

  Например, `@-` — допустимое имя оператора, а `*-` — нет. Благодаря этому ограничению, PostgreSQL может разбирать корректные SQL-запросы без пробелов между компонентами.

Записывая нестандартные SQL-операторы, обычно нужно отделять имена соседних операторов пробелами для однозначности. Например, если вы определили левый унарный оператор с именем `@`, вы не можете написать `X*@Y`, а должны написать `X* @Y`, чтобы PostgreSQL однозначно прочитал это как два оператора, а не один.

4.1.4. Специальные знаки

Некоторые не алфавитно-цифровые символы имеют специальное значение, но при этом не являются операторами. Подробнее их использование будет рассмотрено при описании соответствующего элемента синтаксиса. Здесь они упоминаются только для сведения и обобщения их предназначения.

- Знак доллара (`$`), предваряющий число, используется для представления позиционного параметра в теле определения функции или подготовленного оператора. В других контекстах знак доллара может быть частью идентификатора или строковой константы, заключённой в доллары.
- Круглые скобки (`()`) имеют обычное значение и применяются для группировки выражений и повышения приоритета операций. В некоторых случаях скобки — это необходимая часть синтаксиса определённых SQL-команд.
- Квадратные скобки (`[]`) применяются для выделения элементов массива. Подробнее массивы рассматриваются в Разделе 8.15.
- Запятые (`,`) используются в некоторых синтаксических конструкциях для разделения элементов списка.
- Точка с запятой (`;`) завершает команду SQL. Она не может находиться нигде внутри команды, за исключением строковых констант или идентификаторов в кавычках.
- Двоеточие (`:`) применяется для выборки «срезов» массивов (см. Раздел 8.15.) В некоторых диалектах SQL (например, в Embedded SQL) двоеточие может быть префиксом в имени переменной.
- Звёздочка (`*`) используется в некоторых контекстах как обозначение всех полей строки или составного значения. Она также имеет специальное значение, когда используется как аргумент некоторых агрегатных функций, а именно функций, которым не нужны явные параметры.
- Точка (`.`) используется в числовых константах, а также для отделения имён схемы, таблицы и столбца.

4.1.5. Комментарии

Комментарий — это последовательность символов, которая начинается с двух минусов и продолжается до конца строки, например:

```
-- Это стандартный комментарий SQL
```

Кроме этого, блочные комментарии можно записывать в стиле C:

```
/* многострочный комментарий
 * с вложенностью: /* вложенный блок комментария */
 */
```

где комментарий начинается с `/*` и продолжается до соответствующего вхождения `*/`. Блочные комментарии можно вкладывать друг в друга, как разрешено по стандарту SQL (но не разрешено в C), так что вы можете комментировать большие блоки кода, которые при этом уже могут содержать блоки комментариев.

Комментарий удаляется из входного потока в начале синтаксического анализа и фактически заменяется пробелом.

4.1.6. Приоритеты операторов

В Таблице 4.2 показаны приоритеты и очерёдность операторов, действующие в PostgreSQL. Большинство операторов имеют одинаковый приоритет и вычисляются слева направо. Приоритет и очерёдность операторов жёстко фиксированы в синтаксическом анализаторе. Если вы хотите, чтобы выражение с несколькими операторами разбиралось не в том порядке, который диктуют эти приоритеты, добавьте скобки.

Таблица 4.2. Приоритет операторов (от большего к меньшему)

Оператор/элемент	Очерёдность	Описание
.	слева-направо	разделитель имён таблицы и столбца

Оператор/элемент	**Очерёдность**	**Описание**
`::`	слева-направо	приведение типов в стиле PostgreSQL
`[ ]`	слева-направо	выбор элемента массива
`+ -`	справа-налево	унарный плюс, унарный минус
`COLLATE`	слева-направо	выбор правила сортировки
`AT`	слева-направо	`AT TIME ZONE`
`^`	слева-направо	возведение в степень
`* / %`	слева-направо	умножение, деление, остаток от деления
`+ -`	слева-направо	сложение, вычитание
(любой другой оператор)	слева-направо	все другие встроенные и пользовательские операторы
`BETWEEN IN LIKE ILIKE SIMILAR`		проверка диапазона, проверка членства, сравнение строк
`< > = <= >= <>`		операторы сравнения
`IS ISNULL NOTNULL`		`IS TRUE`, `IS FALSE`, `IS NULL`, `IS DISTINCT FROM` и т. д.
`NOT`	справа-налево	логическое отрицание
`AND`	слева-направо	логическая конъюнкция
`OR`	слева-направо	логическая дизъюнкция

Заметьте, что правила приоритета операторов также применяются к операторам, определённым пользователем с теми же именами, что и вышеперечисленные встроенные операторы. Например, если вы определите оператор «+» для некоторого нестандартного типа данных, он будет иметь тот же приоритет, что и встроенный оператор «+», независимо от того, что он у вас делает.

Когда в конструкции `OPERATOR` используется имя оператора со схемой, например так:

```
SELECT 3 OPERATOR(pg_catalog.+) 4;
```

тогда `OPERATOR` имеет приоритет по умолчанию, соответствующий в Таблице 4.2 строке «любой другой оператор». Это не зависит от того, какие именно операторы находятся в конструкции `OPERATOR()`.

Примечание

В PostgreSQL до версии 9.5 действовали немного другие правила приоритета операторов. В частности, операторы `<=`, `>=` и `<>` обрабатывались по общему правилу; проверки `IS` имели более высокий приоритет; а `NOT BETWEEN` и связанные конструкции работали несогласованно — в некоторых случаях приоритетнее оказывался оператор `NOT`, а не `BETWEEN`. Эти правила были изменены для лучшего соответствия стандарту SQL и для уменьшения путаницы из-за несогласованной обработки логически равнозначных конструкций. В большинстве случаев эти изменения никак не проявятся, либо могут привести к ошибкам типа «нет такого оператора», которые можно разрешить, добавив скобки. Однако возможны особые случаи, когда запрос будет разобран без ошибки, но его поведение может измениться. Если вас беспокоит, не нарушают ли эти изменения незаметно работу вашего приложения, вы можете проверить это, включив конфигурационный параметр operator_precedence_warning и пронаблюдав, не появятся ли предупреждения в журнале.

4.2. Выражения значения

Выражения значения применяются в самых разных контекстах, например в списке результатов команды `SELECT`, в значениях столбцов в `INSERT` или `UPDATE` или в условиях поиска во многих командах. Результат такого выражения иногда называют *скаляром*, чтобы отличить его от результата табличного выражения (который представляет собой таблицу). А сами выражения значения часто называют *скалярными* (или просто *выражениями*). Синтаксис таких выражений позволяет вычислять значения из примитивных частей, используя арифметические, логические и другие операции.

Выражениями значения являются:

- Константа или непосредственное значение
- Ссылка на столбец
- Ссылка на позиционный параметр в теле определения функции или подготовленного оператора
- Выражение с индексом
- Выражение выбора поля
- Применение оператора
- Вызов функции
- Агрегатное выражение
- Вызов оконной функции
- Приведение типов
- Применение правил сортировки
- Скалярный подзапрос
- Конструктор массива
- Конструктор табличной строки
- Кроме того, выражением значения являются скобки (предназначенные для группировки подвыражений и переопределения приоритета)

В дополнение к этому списку есть ещё несколько конструкций, которые можно классифицировать как выражения, хотя они не соответствуют общим синтаксическим правилам. Они обычно имеют вид функции или оператора и будут рассмотрены в соответствующем разделе Главы 9. Пример такой конструкции — предложение `IS NULL`.

Мы уже обсудили константы в Подразделе 4.1.2. В следующих разделах рассматриваются остальные варианты.

4.2.1. Ссылки на столбцы

Ссылку на столбец можно записать в форме:

`отношение.имя_столбца`

Здесь *`отношение`* — имя таблицы (возможно, полное, с именем схемы) или её псевдоним, определённый в предложении `FROM`. Это имя и разделяющую точку можно опустить, если имя столбца уникально среди всех таблиц, задействованных в текущем запросе. (См. также Главу 7.)

4.2.2. Позиционные параметры

Ссылка на позиционный параметр применяется для обращения к значению, переданному в SQL-оператор извне. Параметры используются в определениях SQL-функций и подготовленных операторов. Некоторые клиентские библиотеки также поддерживают передачу значений данных отдельно от самой SQL-команды, и в этом случае параметры позволяют ссылаться на такие значения. Ссылка на параметр записывается в следующей форме:

```
$число
```

Например, рассмотрим следующее определение функции `dept`:

```
CREATE FUNCTION dept(text) RETURNS dept
    AS $$ SELECT * FROM dept WHERE name = $1 $$
    LANGUAGE SQL;
```

Здесь `$1` всегда будет ссылаться на значение первого аргумента функции.

4.2.3. Индексы элементов

Если в выражении вы имеете дело с массивом, то можно извлечь определённый его элемент, написав:

```
выражение[индекс]
```

или несколько соседних элементов («срез массива»):

```
выражение[нижний_индекс:верхний_индекс]
```

(Здесь квадратные скобки `[ ]` должны присутствовать буквально.) Каждый *индекс* сам по себе является выражением, результат которого округляется к ближайшему целому.

В общем случае *выражение* массива должно заключаться в круглые скобки, но их можно опустить, когда выражение с индексом — это просто ссылка на столбец или позиционный параметр. Кроме того, можно соединить несколько индексов, если исходный массив многомерный. Например:

```
моя_таблица.столбец_массив[4]
моя_таблица.столбец_массив_2d[17][34]
$1[10:42]
(функция_массив(a,b))[42]
```

В последней строке круглые скобки необходимы. Подробнее массивы рассматриваются в Разделе 8.15.

4.2.4. Выбор поля

Если результат выражения — значение составного типа (строка таблицы), тогда определённое поле этой строки можно извлечь, написав:

```
выражение.имя_поля
```

В общем случае *выражение* такого типа должно заключаться в круглые скобки, но их можно опустить, когда это ссылка на таблицу или позиционный параметр. Например:

```
моя_таблица.столбец
$1.столбец
(функция_кортеж(a,b)).стол3
```

(Таким образом, полная ссылка на столбец — это просто частный случай выбора поля.) Важный особый случай здесь — извлечение поля из столбца составного типа:

```
(составной_столбец).поле
(моя_таблица.составной_столбец).поле
```

Здесь скобки нужны, чтобы показать, что `составной_столбец` — это имя столбца, а не таблицы, и что `моя_таблица` — имя таблицы, а не схемы.

Вы можете запросить все поля составного значения, написав `.*`:

```
(составной_столбец).*
```

Эта запись действует по-разному в зависимости от контекста; подробнее об этом говорится в Подразделе 8.16.5.

4.2.5. Применение оператора

Существуют три возможных синтаксиса применения операторов:

выражение оператор выражение (бинарный инфиксный оператор)
оператор выражение (унарный префиксный оператор)
выражение оператор (унарный постфиксный оператор)

где *оператор* соответствует синтаксическим правилам, описанным в Подразделе 4.1.3, либо это одно из ключевых слов `AND`, `OR` и `NOT`, либо полное имя оператора в форме:

```
OPERATOR(схема.имя_оператора)
```

Существование конкретных операторов и их тип (унарный или бинарный) зависит от того, как и какие операторы определены системой и пользователем. Встроенные операторы описаны в Главе 9.

4.2.6. Вызовы функций

Вызов функции записывается просто как имя функции (возможно, дополненное именем схемы) и список аргументов в скобках:

```
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]])
```

Например, так вычисляется квадратный корень из 2:

```
sqrt(2)
```

Список встроенных функций приведён в Главе 9. Пользователь также может определить и другие функции.

Выполняя запросы в базе данных, где одни пользователи могут не доверять другим, в записи вызовов функций соблюдайте меры предосторожности, описанные в Разделе 10.3.

Аргументам могут быть присвоены необязательные имена. Подробнее об этом см. Раздел 4.3.

> **Примечание**
>
> Функцию, принимающую один аргумент составного типа, можно также вызывать, используя синтаксис выбора поля, и наоборот, выбор поля можно записать в функциональном стиле. То есть записи `col(table)` и `table.col` равносильны и взаимозаменяемы. Это поведение не оговорено стандартом SQL, но реализовано в PostgreSQL, так как это позволяет использовать функции для эмуляции «вычисляемых полей». Подробнее это описано в Подразделе 8.16.5.

4.2.7. Агрегатные выражения

Агрегатное выражение представляет собой применение агрегатной функции к строкам, выбранным запросом. Агрегатная функция сводит множество входных значений к одному выходному, как например, сумма или среднее. Агрегатное выражение может записываться следующим образом:

```
агрегатная_функция (выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
 ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция (ALL выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
 ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция (DISTINCT выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
 ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция ( * ) [ FILTER ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция ( [ выражение [ , ... ] ] ) WITHIN GROUP ( предложение_order_by )
 [ FILTER ( WHERE условие_фильтра ) ]
```

Здесь *агрегатная_функция* — имя ранее определённой агрегатной функции (возможно, дополненное именем схемы), *выражение* — любое выражение значения, не содержащее в себе агрегатного выражения или вызова оконной функции. Необязательные предложения *предложение_order_by* и *условие_фильтра* описываются ниже.

В первой форме агрегатного выражения агрегатная функция вызывается для каждой строки. Вторая форма эквивалентна первой, так как указание `ALL` подразумевается по умолчанию. В третьей форме агрегатная функция вызывается для всех различных значений выражения (или набора различных значений, для нескольких выражений), выделенных во входных данных. В четвёртой форме агрегатная функция вызывается для каждой строки, так как никакого конкретного значения не указано (обычно это имеет смысл только для функции `count(*)`). В последней форме используются *сортирующие* агрегатные функции, которые будут описаны ниже.

Большинство агрегатных функций игнорируют значения NULL, так что строки, для которых выражения выдают одно или несколько значений NULL, отбрасываются. Это можно считать истинным для всех встроенных операторов, если явно не говорится об обратном.

Например, `count(*)` подсчитает общее количество строк, а `count(f1)` только количество строк, в которых `f1` не NULL (так как `count` игнорирует NULL), а `count(distinct f1)` подсчитает число различных и отличных от NULL значений столбца `f1`.

Обычно строки данных передаются агрегатной функции в неопределённом порядке и во многих случаях это не имеет значения, например функция `min` выдаёт один и тот же результат независимо от порядка поступающих данных. Однако некоторые агрегатные функции (такие как `array_agg` и `string_agg`) выдают результаты, зависящие от порядка данных. Для таких агрегатных функций можно добавить *предложение_order_by* и задать нужный порядок. Это *предложение_order_by* имеет тот же синтаксис, что и предложение `ORDER BY` на уровне запроса, как описано в Разделе 7.5, за исключением того, что его выражения должны быть просто выражениями, а не именами результирующих столбцов или числами. Например:

```
SELECT array_agg(a ORDER BY b DESC) FROM table;
```

Заметьте, что при использовании агрегатных функций с несколькими аргументами, предложение `ORDER BY` идёт после всех аргументов. Например, надо писать так:

```
SELECT string_agg(a, ',' ORDER BY a) FROM table;
```

а не так:

```
SELECT string_agg(a ORDER BY a, ',') FROM table;  -- неправильно
```

Последний вариант синтаксически допустим, но он представляет собой вызов агрегатной функции одного аргумента с двумя ключами `ORDER BY` (при этом второй не имеет смысла, так как это константа).

Если *предложение_order_by* дополнено указанием `DISTINCT`, тогда все выражения `ORDER BY` должны соответствовать обычным аргументам агрегатной функции; то есть вы не можете сортировать строки по выражению, не включённому в список `DISTINCT`.

Примечание

Возможность указывать и `DISTINCT`, и `ORDER BY` в агрегатной функции — это расширение PostgreSQL.

При добавлении `ORDER BY` в обычный список аргументов агрегатной функции, описанном до этого, выполняется сортировка входных строк для универсальных и статистических агрегатных функций, для которых сортировка необязательна. Но есть подмножество агрегатных функций, *сортирующие агрегатные функции*, для которых *предложение_order* является *обязательным*, обычно потому, что вычисление этой функции имеет смысл только при определённой сортировке входных строк. Типичными примерами сортирующих агрегатных функций являются вычисления ранга и процентиля. Для сортирующей агрегатной функции *предложение_order_by* записывается внутри `WITHIN GROUP (...)`, что иллюстрирует последний пример, приведённый выше. Выражения в *предложении_order_by* вычисляются однократно для каждой входной строки как аргументы обычной агрегатной функции, сортируются в соответствии с требованием *предложения_order_by* и поступают в агрегатную функции как входящие аргументы. (Если же *предложение_order_by* находится не в `WITHIN GROUP`, оно не передаётся как аргумент(ы) агрегатной функции.) Выражения-аргументы, предшествующие `WITHIN GROUP`, (если они есть), называются *непосредственными аргументами*, а выражения, указанные в *предложении_order_by* — *агрегируемыми аргументами*. В отличие от аргументов обычной агрегатной функции, непосредственные аргументы вычисляются однократно для каждого вызова функции, а не для каждой строки. Это значит, что они могут содержать переменные, только если эти переменные сгруппированы в `GROUP BY`; это суть то же ограничение, что действовало бы, будь эти непосредственные аргументы вне агрегатного выражения. Непосредственные аргументы обычно используются, например, для указания значения процентиля, которое имеет смысл, только если это конкретное число для всего расчёта агрегатной функции. Список непосредственных аргументов может быть пуст; в этом случае запишите просто `()`, но не `(*)`. (На самом деле PostgreSQL примет обе записи, но только первая соответствует стандарту SQL.)

Пример вызова сортирующей агрегатной функции:

```
SELECT percentile_cont(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY income) FROM households;
 percentile_cont
-----------------
           50489
```

она получает 50-ый процентиль, или медиану, значения столбца `income` из таблицы `households`. В данном случае `0.5` — это непосредственный аргумент; если бы дробь процентиля менялась от строки к строке, это не имело бы смысла.

Если добавлено предложение `FILTER`, агрегатной функции подаются только те входные строки, для которых *условие_фильтра* вычисляется как истинное; другие строки отбрасываются. Например:

```
SELECT
    count(*) AS unfiltered,
    count(*) FILTER (WHERE i < 5) AS filtered
FROM generate_series(1,10) AS s(i);
 unfiltered | filtered
------------+----------
         10 |        4
(1 row)
```

Предопределённые агрегатные функции описаны в Разделе 9.21. Пользователь также может определить другие агрегатные функции.

Агрегатное выражение может фигурировать только в списке результатов или в предложении `HAVING` команды `SELECT`. Во всех остальных предложениях, например `WHERE`, они запрещены, так как эти предложения логически вычисляются до того, как формируются результаты агрегатных функций.

Когда агрегатное выражение используется в подзапросе (см. Подраздел 4.2.11 и Раздел 9.23), оно обычно вычисляется для всех строк подзапроса. Но если в аргументах (или в *условии_filter*) агрегатной функции есть только переменные внешнего уровня, агрегатная функция относится к ближайшему внешнему уровню и вычисляется для всех строк соответствующего запроса. Такое агрегатное выражение в целом является внешней ссылкой для своего подзапроса и на каждом вычислении считается константой. При этом допустимое положение агрегатной функции ограничивается списком результатов и предложением `HAVING` на том уровне запросов, где она находится.

4.2.8. Вызовы оконных функций

Вызов оконной функции представляет собой применение функции, подобной агрегатной, к некоторому набору строк, выбранному запросом. В отличие от вызовов не оконных агрегатных функций, при этом не происходит группировка выбранных строк в одну — каждая строка остаётся отдельной в результате запроса. Однако оконная функция имеет доступ ко всем строкам, вошедшим в группу текущей строки согласно указанию группировки (списку `PARTITION BY`) в вызове оконной функции. Вызов оконной функции может иметь следующие формы:

```
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]]) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ]
 OVER имя_окна
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]]) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ]
 OVER ( определение_окна )
имя_функции ( * ) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ] OVER имя_окна
имя_функции ( * ) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ] OVER ( определение_окна )
```

Здесь *определение_окна* записывается в виде

```
[ имя_существующего_окна ]
[ PARTITION BY выражение [, ...] ]
[ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
 [, ...] ]
[ определение_рамки ]
```

Необязательное *определение_рамки* может иметь вид:

```
{ RANGE | ROWS | GROUPS } начало_рамки [ исключение_рамки ]
{ RANGE | ROWS | GROUPS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки [ исключение_рамки ]
```

Здесь *начало_рамки* и *конец_рамки* задаются одним из следующих способов:

```
UNBOUNDED PRECEDING
смещение PRECEDING
CURRENT ROW
смещение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

и *исключение_рамки* может быть следующим:

```
EXCLUDE CURRENT ROW
EXCLUDE GROUP
EXCLUDE TIES
EXCLUDE NO OTHERS
```

Здесь *выражение* — это любое выражение значения, не содержащее вызовов оконных функций.

имя_окна — ссылка на именованное окно, определённое предложением `WINDOW` в данном запросе. Также возможно написать в скобках полное *определение_окна*, используя тот же синтаксис определения именованного окна в предложении `WINDOW`; подробнее это описано в справке по SELECT. Стоит отметить, что запись `OVER имя_окна` не полностью равнозначна `OVER (имя_окна ...)`; последний вариант подразумевает копирование и изменение определения окна и не будет допустимым, если определение этого окна включает определение рамки.

Указание `PARTITION BY` группирует строки запроса в *разделы*, которые затем обрабатываются оконной функцией независимо друг от друга. `PARTITION BY` работает подобно предложению `GROUP BY` на уровне запроса, за исключением того, что его аргументы всегда просто выражения, а не имена выходных столбцов или числа. Без `PARTITION BY` все строки, выдаваемые запросом, рассматриваются как один раздел. Указание `ORDER BY` определяет порядок, в котором оконная функция обрабатывает строки раздела. Оно так же подобно предложению `ORDER BY` на уровне запроса и так же не принимает имена выходных столбцов или числа. Без `ORDER BY` строки обрабатываются в неопределённом порядке.

определение_рамки задаёт набор строк, образующих *рамку окна*, которая представляет собой подмножество строк текущего раздела и используется для оконных функций, работающих с рамкой, а не со всем разделом. Подмножество строк в рамке может меняться в зависимости от того, какая строка является текущей. Рамку можно задать в режимах `RANGE`, `ROWS` или `GROUPS`; в каждом случае она начинается с положения *начало_рамки* и заканчивается положением *конец_рамки*. Если *конец_рамки* не задаётся явно, подразумевается `CURRENT ROW` (текущая строка).

Если *начало_рамки* задано как `UNBOUNDED PRECEDING`, рамка начинается с первой строки раздела, а если *конец_рамки* определён как `UNBOUNDED FOLLOWING`, рамка заканчивается последней строкой раздела.

В режиме `RANGE` или `GROUPS` *начало_рамки*, заданное как `CURRENT ROW`, определяет в качестве начала первую *родственную* строку (строку, которая при сортировке согласно указанному для окна предложению `ORDER BY` считается равной текущей), тогда как *конец_рамки*, заданный как `CURRENT ROW`, определяет концом рамки последнюю родственную строку. В режиме `ROWS` вариант `CURRENT ROW` просто обозначает текущую строку.

В вариантах определения рамки *смещение* `PRECEDING` и *смещение* `FOLLOWING` в качестве *смещения* должно задаваться выражение, не содержащее какие-либо переменные и вызовы агрегатных или оконных функций. Что именно будет означать *смещение*, определяется в зависимости от режима рамки:

- В режиме `ROWS` *смещение* должно задаваться отличным от NULL неотрицательным целым числом, и это число определяет сдвиг, с которым начало рамки позиционируется перед текущей строкой, а конец — после текущей строки.
- В режиме `GROUPS` *смещение* также должно задаваться отличным от NULL неотрицательным целым числом, и это число определяет сдвиг (по количеству групп родственных строк), с которым начало рамки позиционируется перед группой строк, родственных текущей, а конец — после этой группы. Группу родственных строк образуют строки, которые считаются равными согласно `ORDER BY`. (Для использования режима `GROUPS` определение окна должно содержать предложение `ORDER BY`.)
- В режиме `RANGE` для использования этих указаний предложение `ORDER BY` должно содержать ровно один столбец. В этом случае *смещение* задаёт максимальную разницу между значением этого столбца в текущей строке и значением его же в предшествующих или последующих строках рамки. Тип данных выражения *смещение* зависит от типа данных упорядочивающего столбца. Для числовых столбцов это обычно тот же числовой тип, а для столбцов с типом дата/время — тип `interval`. Например, если упорядочивающий столбец имеет тип `date` или `timestamp`, возможна такая запись: `RANGE BETWEEN '1 day' PRECEDING AND '10 days' FOLLOWING`. Значение *смещение* при этом может так же быть отличным от NULL и неотрицательным, хотя что считать «неотрицательным», будет зависит от типа данных.

В любом случае расстояние до конца рамки ограничивается расстоянием до конца раздела, так что для строк, которые находятся у конца раздела, рамка может содержать меньше строк, чем для других.

Заметьте, что в режимах `ROWS` и `GROUPS` указания `0 PRECEDING` и `0 FOLLOWING` равнозначны указанию `CURRENT ROW`. Обычно это справедливо и для режима `RANGE`, в случае подходящего для типа данных определения значения «нуля».

Дополнение *исключение_рамки* позволяет исключить из рамки строки, которые окружают текущую строку, даже если они должны быть включены согласно указаниям, определяющим начало и конец рамки. `EXCLUDE CURRENT ROW` исключает из рамки текущую строку. `EXCLUDE GROUP` исключает из рамки текущую строку и родственные ей согласно порядку сортировки. `EXCLUDE TIES` исключает из рамки все родственные строки для текущей, но не собственно текущую строку. `EXCLUDE NO OTHERS` просто явно выражает поведение по умолчанию — не исключает ни текущую строку, ни родственные ей.

По умолчанию рамка определяется как `RANGE UNBOUNDED PRECEDING`, что равносильно расширенному определению `RANGE BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND CURRENT ROW`. С указанием `ORDER BY` это означает, что рамка будет включать все строки от начала раздела до последней строки, родственной текущей (для `ORDER BY`). Без `ORDER BY` это означает, что в рамку включаются все строки раздела, так как все они считаются родственными текущей.

Действуют также следующие ограничения: в качестве *начала_рамки* нельзя задать `UNBOUNDED FOLLOWING`, в качестве *конца_рамки* не допускается `UNBOUNDED PRECEDING` и *конец_рамки* не может идти в показанном выше списке указаний *начало_рамки* AND *конец_рамки* перед *началом_рамки*. В частности, синтаксис `RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND` *смещение* `PRECEDING` не допускается. Но при этом, например, определение `ROWS BETWEEN 7 PRECEDING AND 8 PRECEDING` допустимо, хотя оно и не выберет никакие строки.

Если добавлено предложение `FILTER`, оконной функции подаются только те входные строки, для которых *условие_фильтра* вычисляется как истинное; другие строки отбрасываются. Предложение `FILTER` допускается только для агрегирующих оконных функций.

Встроенные оконные функции описаны в Таблице 9.60, но пользователь может расширить этот набор, создавая собственные функции. Кроме того, в качестве оконных функций можно использовать любые встроенные или пользовательские универсальные, а также статистические агрегатные функции. (Сортирующие и гипотезирующие агрегатные функции в настоящее время использовать в качестве оконных нельзя.)

Запись со звёздочкой (`*`) применяется при вызове не имеющих параметров агрегатных функций в качестве оконных, например `count(*) OVER (PARTITION BY x ORDER BY y)`. Звёздочка (`*`) обычно не применяется для исключительно оконных функций. Такие функции не допускают использования `DISTINCT` и `ORDER BY` в списке аргументов функции.

Вызовы оконных функций разрешены в запросах только в списке `SELECT` и в предложении `ORDER BY`.

Дополнительно об оконных функциях можно узнать в Разделе 3.5, Разделе 9.22 и Подразделе 7.2.5.

4.2.9. Приведения типов

Приведение типа определяет преобразование данных из одного типа в другой. PostgreSQL воспринимает две равносильные записи приведения типов:

```
CAST ( выражение AS тип )
выражение::тип
```

Запись с `CAST` соответствует стандарту SQL, тогда как вариант с `::` — историческое наследие PostgreSQL.

Когда приведению подвергается значение выражения известного типа, происходит преобразование типа во время выполнения. Это приведение будет успешным, только если определён подходящий оператор преобразования типов. Обратите внимание на небольшое отличие от приведения констант, описанного в Подразделе 4.1.2.7. Приведение строки в чистом виде представляет собой начальное присваивание строковой константы и оно будет успешным для любого типа (конечно, если строка содержит значение, приемлемое для данного типа данных).

Явное приведение типа можно опустить, если возможно однозначно определить, какой тип должно иметь выражение (например, когда оно присваивается столбцу таблицы); в таких случаях система автоматически преобразует тип. Однако автоматическое преобразование выполняется только для приведений с пометкой «допускается неявное применение» в системных каталогах. Все остальные приведения должны записываться явно. Это ограничение позволяет избежать сюрпризов с неявным преобразованием.

Также можно записать приведение типа как вызов функции:

```
имя_типа ( выражение )
```

Однако это будет работать только для типов, имена которых являются также допустимыми именами функций. Например, `double precision` так использовать нельзя, а `float8` (альтернативное название того же типа) — можно. Кроме того, имена типов `interval`, `time` и `timestamp` из-за синтаксического конфликта можно использовать в такой записи только в кавычках. Таким образом, запись приведения типа в виде вызова функции провоцирует несоответствия и, возможно, лучше будет её не применять.

> **Примечание**
>
> Приведение типа, представленное в виде вызова функции, на самом деле соответствует внутреннему механизму. Даже при использовании двух стандартных типов записи внутри происходит вызов зарегистрированной функции, выполняющей преобразование. По соглашению именем такой функции преобразования является имя выходного типа, и таким образом запись «в виде вызова функции» есть не что иное, как прямой вызов нижележащей функции преобразования. При создании переносимого приложения на это поведение, конечно, не следует рассчитывать. Подробнее это описано в справке CREATE CAST.

4.2.10. Применение правил сортировки

Предложение `COLLATE` переопределяет правило сортировки выражения. Оно добавляется после выражения:

```
выражение COLLATE правило_сортировки
```

где *правило_сортировки* — идентификатор правила, возможно дополненный именем схемы. Предложение `COLLATE` связывает выражение сильнее, чем операторы, так что при необходимости следует использовать скобки.

Если правило сортировки не определено явно, система либо выбирает его по столбцам, которые используются в выражении, либо, если таких столбцов нет, переключается на установленное для базы данных правило сортировки по умолчанию.

Предложение `COLLATE` имеет два распространённых применения: переопределение порядка сортировки в предложении `ORDER BY`, например:

```
SELECT a, b, c FROM tbl WHERE ... ORDER BY a COLLATE "C";
```

и переопределение правил сортировки при вызове функций или операторов, возвращающих языкозависимые результаты, например:

```
SELECT * FROM tbl WHERE a > 'foo' COLLATE "C";
```

Заметьте, что в последнем случае предложение `COLLATE` добавлено к аргументу оператора, на действие которого мы хотим повлиять. При этом не имеет значения, к какому именно аргументу оператора или функции добавляется `COLLATE`, так как правило сортировки, применяемое к оператору или функции, выбирается при рассмотрении всех аргументов, а явное предложение `COLLATE` переопределяет правила сортировки для всех других аргументов. (Однако добавление разных предложений `COLLATE` к нескольким аргументам будет ошибкой. Подробнее об этом см. Раздел 23.2.) Таким образом, эта команда выдаст тот же результат:

```
SELECT * FROM tbl WHERE a COLLATE "C" > 'foo';
```

Но это будет ошибкой:

```
SELECT * FROM tbl WHERE (a > 'foo') COLLATE "C";
```

здесь правило сортировки нельзя применить к результату оператора `>`, который имеет несравниваемый тип данных `boolean`.

4.2.11. Скалярные подзапросы

Скалярный подзапрос — это обычный запрос `SELECT` в скобках, который возвращает ровно одну строку и один столбец. (Написание запросов освещается в Главе 7.) После выполнения запроса `SELECT` его единственный результат используется в окружающем его выражении. В качестве скалярного подзапроса нельзя использовать запросы, возвращающие более одной строки или столбца. (Но если в результате выполнения подзапрос не вернёт строк, скалярный результат считается равным NULL.) В подзапросе можно ссылаться на переменные из окружающего запроса; в процессе одного вычисления подзапроса они будут считаться константами. Другие выражения с подзапросами описаны в Разделе 9.23.

Например, следующий запрос находит число жителей в самом населённом городе в каждом штате:

```
SELECT name, (SELECT max(pop) FROM cities WHERE cities.state = states.name)
    FROM states;
```

4.2.12. Конструкторы массивов

Конструктор массива — это выражение, которое создаёт массив, определяя значения его элементов. Конструктор простого массива состоит из ключевого слова ARRAY, открывающей квадратной скобки [, списка выражений (разделённых запятыми), задающих значения элементов массива, и закрывающей квадратной скобки]. Например:

```
SELECT ARRAY[1,2,3+4];
  array
---------
 {1,2,7}
(1 row)
```

По умолчанию типом элементов массива считается общий тип для всех выражений, определённый по правилам, действующим и для конструкций UNION и CASE (см. Раздел 10.5). Вы можете переопределить его явно, приведя конструктор массива к требуемому типу, например:

```
SELECT ARRAY[1,2,22.7]::integer[];
  array
----------
 {1,2,23}
(1 row)
```

Это равносильно тому, что привести к нужному типу каждое выражение по отдельности. Подробнее приведение типов описано в Подразделе 4.2.9.

Многомерные массивы можно образовывать, вкладывая конструкторы массивов. При этом во внутренних конструкторах слово ARRAY можно опускать. Например, результат работы этих конструкторов одинаков:

```
SELECT ARRAY[ARRAY[1,2], ARRAY[3,4]];
     array
---------------
 {{1,2},{3,4}}
(1 row)

SELECT ARRAY[[1,2],[3,4]];
     array
---------------
 {{1,2},{3,4}}
(1 row)
```

Многомерные массивы должны быть прямоугольными, и поэтому внутренние конструкторы одного уровня должны создавать вложенные массивы одинаковой размерности. Любое приведение типа, применённое к внешнему конструктору ARRAY, автоматически распространяется на все внутренние.

Элементы многомерного массива можно создавать не только вложенными конструкторами ARRAY, но и другими способами, позволяющими получить массивы нужного типа. Например:

```
CREATE TABLE arr(f1 int[], f2 int[]);

INSERT INTO arr VALUES (ARRAY[[1,2],[3,4]], ARRAY[[5,6],[7,8]]);

SELECT ARRAY[f1, f2, '{{9,10},{11,12}}'::int[]] FROM arr;
                     array
------------------------------------------------
 {{{1,2},{3,4}},{{5,6},{7,8}},{{9,10},{11,12}}}
```

```
(1 row)
```

Вы можете создать и пустой массив, но так как массив не может быть не типизированным, вы должны явно привести пустой массив к нужному типу. Например:

```
SELECT ARRAY[]::integer[];
 array
-------
 {}
(1 row)
```

Также возможно создать массив из результатов подзапроса. В этом случае конструктор массива записывается так же с ключевым словом `ARRAY`, за которым в круглых скобках следует подзапрос. Например:

```
SELECT ARRAY(SELECT oid FROM pg_proc WHERE proname LIKE 'bytea%');
                              array
------------------------------------------------------------------
 {2011,1954,1948,1952,1951,1244,1950,2005,1949,1953,2006,31,2412}
(1 row)

SELECT ARRAY(SELECT ARRAY[i, i*2] FROM generate_series(1,5) AS a(i));
              array
----------------------------------
 {{1,2},{2,4},{3,6},{4,8},{5,10}}
(1 row)
```

Такой подзапрос должен возвращать один столбец. Если этот столбец имеет тип, отличный от массива, результирующий одномерный массив будет включать элементы для каждой строки-результата подзапроса и типом элемента будет тип столбца результата. Если же тип столбца — массив, будет создан массив того же типа, но большей размерности; в любом случае во всех строках подзапроса должны выдаваться массивы одинаковой размерности, чтобы можно было получить прямоугольный результат.

Индексы массива, созданного конструктором `ARRAY`, всегда начинаются с одного. Подробнее о массивах вы узнаете в Разделе 8.15.

4.2.13. Конструкторы табличных строк

Конструктор табличной строки — это выражение, создающее строку или кортеж (или составное значение) из значений его аргументов-полей. Конструктор строки состоит из ключевого слова `ROW`, открывающей круглой скобки, нескольких выражений (разделённых запятыми), определяющих значения полей, и закрывающей скобки. При этом выражения могут отсутствовать, то есть конструктор имеет вид ROW(). Например:

```
SELECT ROW(1,2.5,'this is a test');
```

Если в списке более одного выражения, ключевое слово `ROW` можно опустить.

Конструктор строки поддерживает запись *`составное_значение`*`.*`, при этом данное значение будет развёрнуто в список элементов, так же, как в записи `.*` на верхнем уровне списка `SELECT` (см. Подраздел 8.16.5). Например, если таблица `t` содержит столбцы `f1` и `f2`, эти записи равнозначны:

```
SELECT ROW(t.*, 42) FROM t;
SELECT ROW(t.f1, t.f2, 42) FROM t;
```

Примечание

До версии PostgreSQL 8.2 запись `.*` не разворачивалась в конструкторах строк, так что выражение `ROW(t.*, 42)` создавало составное значение из двух полей, в котором первое поле так же было составным. Новое поведение обычно более полезно. Если вам нужно получить

> прежнее поведение, чтобы одно значение строки было вложено в другое, напишите внутреннее значение без `.*`, например: `ROW(t, 42)`.

По умолчанию значение, созданное выражением `ROW`, имеет тип анонимной записи. Если необходимо, его можно привести к именованному составному типу — либо к типу строки таблицы, либо составному типу, созданному оператором `CREATE TYPE AS`. Явное приведение может потребоваться для достижения однозначности. Например:

```
CREATE TABLE mytable(f1 int, f2 float, f3 text);

CREATE FUNCTION getf1(mytable) RETURNS int AS 'SELECT $1.f1' LANGUAGE SQL;

-- Приведение не требуется, так как существует только одна getf1()
SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test'));
 getf1
-------
     1
(1 row)

CREATE TYPE myrowtype AS (f1 int, f2 text, f3 numeric);

CREATE FUNCTION getf1(myrowtype) RETURNS int AS 'SELECT $1.f1' LANGUAGE SQL;

-- Теперь приведение необходимо для однозначного выбора функции:
SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test'));
ОШИБКА:  функция getf1(record) не уникальна

SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test')::mytable);
 getf1
-------
     1
(1 row)

SELECT getf1(CAST(ROW(11,'this is a test',2.5) AS myrowtype));
 getf1
-------
    11
(1 row)
```

Используя конструктор строк (кортежей), можно создавать составное значение для сохранения в столбце составного типа или для передачи функции, принимающей составной параметр. Также вы можете сравнить два составных значения или проверить их с помощью `IS NULL` или `IS NOT NULL`, например:

```
SELECT ROW(1,2.5,'this is a test') = ROW(1, 3, 'not the same');

  -- выбрать все строки, содержащие только NULL
SELECT ROW(table.*) IS NULL FROM table;
```

Подробнее см. Раздел 9.24. Конструкторы строк также могут использоваться в сочетании с подзапросами, как описано в Разделе 9.23.

4.2.14. Правила вычисления выражений

Порядок вычисления подвыражений не определён. В частности, аргументы оператора или функции не обязательно вычисляются слева направо или в любом другом фиксированном порядке.

Более того, если результат выражения можно получить, вычисляя только некоторые его части, тогда другие подвыражения не будут вычисляться вовсе. Например, если написать:

```
SELECT true OR somefunc();
```

тогда функция `somefunc()` не будет вызываться (возможно). То же самое справедливо для записи:

```
SELECT somefunc() OR true;
```

Заметьте, что это отличается от «оптимизации» вычисления логических операторов слева направо, реализованной в некоторых языках программирования.

Как следствие, в сложных выражениях не стоит использовать функции с побочными эффектами. Особенно опасно рассчитывать на порядок вычисления или побочные эффекты в предложениях `WHERE` и `HAVING`, так как эти предложения тщательно оптимизируются при построении плана выполнения. Логические выражения (сочетания `AND`/`OR`/`NOT`) в этих предложениях могут быть видоизменены любым способом, допустимым законами Булевой алгебры.

Когда порядок вычисления важен, его можно зафиксировать с помощью конструкции `CASE` (см. Раздел 9.18). Например, такой способ избежать деления на ноль в предложении `WHERE` ненадёжен:

```
SELECT ... WHERE x > 0 AND y/x > 1.5;
```

Безопасный вариант:

```
SELECT ... WHERE CASE WHEN x > 0 THEN y/x > 1.5 ELSE false END;
```

Применяемая так конструкция `CASE` защищает выражение от оптимизации, поэтому использовать её нужно только при необходимости. (В данном случае было бы лучше решить проблему, переписав условие как `y > 1.5*x`.)

Однако `CASE` не всегда спасает в подобных случаях. Показанный выше приём плох тем, что не предотвращает раннее вычисление константных подвыражений. Как описано в Разделе 37.7, функции и операторы, помеченные как `IMMUTABLE`, могут вычисляться при планировании, а не выполнении запроса. Поэтому в примере

```
SELECT CASE WHEN x > 0 THEN x ELSE 1/0 END FROM tab;
```

, скорее всего, произойдёт деление на ноль из-за того, что планировщик попытается упростить константное подвыражение, даже если во всех строках в таблице `x > 0`, а значит во время выполнения ветвь `ELSE` никогда не будет выполняться.

Хотя этот конкретный пример может показаться надуманным, похожие ситуации, в которых неявно появляются константы, могут возникать и в запросах внутри функций, так как значения аргументов функции и локальных переменных при планировании могут быть заменены константами. Поэтому, например, в функциях PL/pgSQL гораздо безопаснее для защиты от рискованных вычислений использовать конструкцию `IF-THEN-ELSE`, чем выражение `CASE`.

Ещё один подобный недостаток этого подхода в том, что `CASE` не может предотвратить вычисление заключённого в нём агрегатного выражения, так как агрегатные выражения вычисляются перед всеми остальными в списке `SELECT` или предложении `HAVING`. Например, в следующем запросе может возникнуть ошибка деления на ноль, несмотря на то, что он вроде бы защищён от неё:

```
SELECT CASE WHEN min(employees) > 0
            THEN avg(expenses / employees)
       END
    FROM departments;
```

Агрегатные функции `min()` и `avg()` вычисляются независимо по всем входным строкам, так что если в какой-то строке поле `employees` окажется равным нулю, деление на ноль произойдёт раньше, чем станет возможным проверить результат функции `min()`. Поэтому, чтобы проблемные входные строки изначально не попали в агрегатную функцию, следует воспользоваться предложениями `WHERE` или `FILTER`.

4.3. Вызов функций

PostgreSQL позволяет вызывать функции с именованными параметрами, используя запись с *позиционной* или *именной* передачей аргументов. Именная передача особенно полезна для функций со множеством параметров, так как она делает связь параметров и аргументов более явной и надёжной. В позиционной записи значения аргументов функции указываются в том же порядке, в каком они описаны в определении функции. При именной передаче аргументы сопоставляются с параметрами функции по именам и указывать их можно в любом порядке. Для каждого варианта вызова также учитывайте влияние типов аргументов функций, описанное в Разделе 10.3.

При записи любым способом параметры, для которых в определении функции заданы значения по умолчанию, можно вовсе не указывать. Но это особенно полезно при именной передаче, так как опустить можно любой набор параметров, тогда как при позиционной параметры можно опускать только последовательно, справа налево.

PostgreSQL также поддерживает *смешанную* передачу, когда параметры передаются и по именам, и по позиции. В этом случае позиционные параметры должны идти перед параметрами, передаваемыми по именам.

Мы рассмотрим все три варианта записи на примере следующей функции:

```
CREATE FUNCTION concat_lower_or_upper(a text, b text,
  uppercase boolean DEFAULT false)
RETURNS text
AS
$$
 SELECT CASE
        WHEN $3 THEN UPPER($1 || ' ' || $2)
        ELSE LOWER($1 || ' ' || $2)
        END;
$$
LANGUAGE SQL IMMUTABLE STRICT;
```

Функция `concat_lower_or_upper` имеет два обязательных параметра: `a` и `b`. Кроме того, есть один необязательный параметр `uppercase`, который по умолчанию имеет значение `false`. Аргументы `a` и `b` будут сложены вместе и переведены в верхний или нижний регистр, в зависимости от параметра `uppercase`. Остальные тонкости реализации функции сейчас не важны (подробнее о них рассказано в Главе 37).

4.3.1. Позиционная передача

Позиционная передача — это традиционный механизм передачи аргументов функции в PostgreSQL. Пример такой записи:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World', true);
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 HELLO WORLD
(1 row)
```

Все аргументы указаны в заданном порядке. Результат возвращён в верхнем регистре, так как параметр `uppercase` имеет значение `true`. Ещё один пример:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World');
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 hello world
(1 row)
```

Здесь параметр `uppercase` опущен, и поэтому он принимает значение по умолчанию (`false`), и результат переводится в нижний регистр. В позиционной записи любые аргументы с определённым значением по умолчанию можно опускать справа налево.

4.3.2. Именная передача

При именной передаче для аргумента добавляется имя, которое отделяется от выражения значения знаками `=>`. Например:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', b => 'World');
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 hello world
(1 row)
```

Здесь аргумент `uppercase` был так же опущен, так что он неявно получил значение `false`. Преимуществом такой записи является возможность записывать аргументы в любом порядке, например:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', b => 'World', uppercase => true);
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 HELLO WORLD
(1 row)

SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', uppercase => true, b => 'World');
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 HELLO WORLD
(1 row)
```

Для обратной совместимости поддерживается и старый синтаксис с «:=»:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a := 'Hello', uppercase := true, b := 'World');
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 HELLO WORLD
(1 row)
```

4.3.3. Смешанная передача

При смешанной передаче параметры передаются и по именам, и по позиции. Однако как уже было сказано, именованные аргументы не могут стоять перед позиционными. Например:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World', uppercase => true);
 concat_lower_or_upper
-----------------------
 HELLO WORLD
(1 row)
```

В данном запросе аргументы `a` и `b` передаются по позиции, а `uppercase` — по имени. Единственное обоснование такого вызова здесь — он стал чуть более читаемым. Однако для более сложных функций с множеством аргументов, часть из которых имеют значения по умолчанию, именная или смешанная передача позволяют записать вызов эффективнее и уменьшить вероятность ошибок.

> **Примечание**
>
> Именная и смешанная передача в настоящий момент не может использоваться при вызове агрегатной функции (но они допускаются, если агрегатная функция используется в качестве оконной).

Глава 5. Определение данных

Эта глава рассказывает, как создавать структуры базы данных, в которых будут храниться данные. В реляционной базе данных данные хранятся в таблицах, так что большая часть этой главы будет посвящена созданию и изменению таблиц, а также средствам управления данными в них. Затем мы обсудим, как таблицы можно объединять в схемы и как ограничивать доступ к ним. Наконец, мы кратко рассмотрим другие возможности, связанные с хранением данных, в частности наследование, секционирование таблиц, представления, функции и триггеры.

5.1. Основы таблиц

Таблица в реляционной базе данных похожа на таблицу на бумаге: она так же состоит из строк и столбцов. Число и порядок столбцов фиксированы, а каждый столбец имеет имя. Число строк переменно — оно отражает текущее количество находящихся в ней данных. SQL не даёт никаких гарантий относительно порядка строк таблицы. При чтении таблицы строки выводятся в произвольном порядке, если только явно не требуется сортировка. Подробнее это рассматривается в Главе 7. Более того, SQL не назначает строкам уникальные идентификаторы, так что можно иметь в таблице несколько полностью идентичных строк. Это вытекает из математической модели, которую реализует SQL, но обычно такое дублирование нежелательно. Позже в этой главе мы увидим, как его избежать.

Каждому столбцу сопоставлен тип данных. Тип данных ограничивает набор допустимых значений, которые можно присвоить столбцу, и определяет смысловое значение данных для вычислений. Например, в столбец числового типа нельзя записать обычные текстовые строки, но зато его данные можно использовать в математических вычислениях. И наоборот, если столбец имеет тип текстовой строки, для него допустимы практически любые данные, но он непригоден для математических действий (хотя другие операции, например конкатенация строк, возможны).

В PostgreSQL есть внушительный набор встроенных типов данных, удовлетворяющий большинство приложений. Пользователи также могут определять собственные типы данных. Большинство встроенных типов данных имеют понятные имена и семантику, так что мы отложим их подробное рассмотрение до Главы 8. Наиболее часто применяются следующие типы данных: `integer` для целых чисел, `numeric` для чисел, которые могут быть дробными, `text` для текстовых строк, `date` для дат, `time` для времени и `timestamp` для значений, включающих дату и время.

Для создания таблицы используется команда CREATE TABLE. В этой команде вы должны указать как минимум имя новой таблицы и имена и типы данных каждого столбца. Например:

```
CREATE TABLE my_first_table (
    first_column text,
    second_column integer
);
```

Так вы создадите таблицу `my_first_table` с двумя столбцами. Первый столбец называется `first_column` и имеет тип данных `text`; второй столбец называется `second_column` и имеет тип `integer`. Имена таблицы и столбцов соответствуют синтаксису идентификаторов, описанному в Подразделе 4.1.1. Имена типов также являются идентификаторами, хотя есть некоторые исключения. Заметьте, что список столбцов заключается в скобки, а его элементы разделяются запятыми.

Конечно, предыдущий пример ненатурален. Обычно в именах таблиц и столбцов отражается, какие данные они будут содержать. Поэтому давайте взглянем на более реалистичный пример:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric
);
```

(Тип `numeric` может хранить дробные числа, в которых обычно выражаются денежные суммы.)

Подсказка

Когда вы создаёте много взаимосвязанных таблиц, имеет смысл заранее выбрать единый шаблон именования таблиц и столбцов. Например, решить, будут ли в именах таблиц использоваться существительные во множественном или в единственном числе (есть соображения в пользу каждого варианта).

Число столбцов в таблице не может быть бесконечным. Это число ограничивается максимумом в пределах от 250 до 1600, в зависимости от типов столбцов. Однако создавать таблицы с таким большим числом столбцов обычно не требуется, а если такая потребность возникает, это скорее признак сомнительного дизайна.

Если таблица вам больше не нужна, вы можете удалить её, выполнив команду DROP TABLE. Например:

```
DROP TABLE my_first_table;
DROP TABLE products;
```

Попытка удаления несуществующей таблицы считается ошибкой. Тем не менее в SQL-скриптах часто применяют безусловное удаление таблиц перед созданием, игнорируя все сообщения об ошибках, так что они выполняют свою задачу независимо от того, существовали таблицы или нет. (Если вы хотите избежать таких ошибок, можно использовать вариант `DROP TABLE IF EXISTS`, но это не будет соответствовать стандарту SQL.)

Как изменить существующую таблицу, будет рассмотрено в этой главе позже, в Разделе 5.6.

Имея средства, которые мы обсудили, вы уже можете создавать полностью функциональные таблицы. В продолжении этой главы рассматриваются дополнительные возможности, призванные обеспечить целостность данных, безопасность и удобство. Если вам не терпится наполнить свои таблицы данными, вы можете вернуться к этой главе позже, а сейчас перейти к Главе 6.

5.2. Значения по умолчанию

Столбцу можно назначить значение по умолчанию. Когда добавляется новая строка и каким-то её столбцам не присваиваются значения, эти столбцы принимают значения по умолчанию. Также команда управления данными может явно указать, что столбцу должно быть присвоено значение по умолчанию, не зная его. (Подробнее команды управления данными описаны в Главе 6.)

Если значение по умолчанию не объявлено явно, им считается значение NULL. Обычно это имеет смысл, так как можно считать, что NULL представляет неизвестные данные.

В определении таблицы значения по умолчанию указываются после типа данных столбца. Например:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric DEFAULT 9.99
);
```

Значение по умолчанию может быть выражением, которое в этом случае вычисляется в момент присваивания значения по умолчанию (а *не* когда создаётся таблица). Например, столбцу `timestamp` в качестве значения по умолчания часто присваивается `CURRENT_TIMESTAMP`, чтобы в момент добавления строки в нём оказалось текущее время. Ещё один распространённый пример — генерация «последовательных номеров» для всех строк. В PostgreSQL это обычно делается примерно так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer DEFAULT nextval('products_product_no_seq'),
    ...
```

```
);
```

здесь функция `nextval()` выбирает очередное значение из *последовательности* (см. Раздел 9.17). Это употребление настолько распространено, что для него есть специальная короткая запись:

```
CREATE TABLE products (
    product_no SERIAL,
    ...
);
```

`SERIAL` обсуждается позже в Подразделе 8.1.4.

5.3. Генерируемые столбцы

Генерируемый столбец является столбцом особого рода, который всегда вычисляется из других. Таким образом, для столбцов он является тем же, чем представление для таблицы. Есть два типа генерируемых столбцов: сохранённые и виртуальные. Сохранённый генерируемый столбец вычисляется при записи (добавлении или изменении) и занимает место в таблице так же, как и обычный столбец. Виртуальный генерируемый столбец не занимает места и вычисляется при чтении. Поэтому можно сказать, что виртуальный генерируемый столбец похож на представление, а сохранённый генерируемый столбец — на материализованное представление (за исключением того, что он всегда обновляется автоматически). В настоящее время в PostgreSQL реализованы только сохранённые генерируемые столбцы.

Чтобы создать генерируемый столбец, воспользуйтесь предложением `GENERATED ALWAYS AS` команды `CREATE TABLE`, например:

```
CREATE TABLE people (
    ...,
    height_cm numeric,
    height_in numeric GENERATED ALWAYS AS (height_cm / 2.54) STORED
);
```

Ключевое слово `STORED`, определяющее тип хранения генерируемого столбца, является обязательным. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

Произвести запись непосредственно в генерируемый столбец нельзя. Поэтому в командах `INSERT` или `UPDATE` нельзя задать значение для таких столбцов, хотя ключевое слово `DEFAULT` указать можно.

Примите к сведению следующие отличия генерируемых столбцов от столбцов со значением по умолчанию. Значение столбца по умолчанию вычисляется один раз, когда в таблицу впервые вставляется строка и никакое другое значение не задано; значение же генерируемого столбца может меняться при изменении строки и не может быть переопределено. Выражение значения по умолчанию не может обращаться к другим столбцам таблицы, а генерирующее выражение, напротив, обычно обращается к ним. В выражении значения по умолчанию могут вызываться изменчивые функции, например, `random()` или функции, зависящие от времени, а для генерируемых столбцов это не допускается.

С определением генерируемых столбцов и их содержащими таблицами связан ряд ограничений и особенностей:

- В генерирующем выражении могут использоваться только постоянные функции и не могут фигурировать подзапросы или ссылки на какие-либо значения, не относящиеся к данной строке.
- Генерирующее выражение не может обращаться к другому генерируемому столбцу.
- Генерирующее выражение не может обращаться к системным столбцам, за исключением `tableoid`.
- Для генерируемого столбца нельзя задать значение по умолчанию или свойство идентификации.
- Генерируемый столбец не может быть частью ключа секционирования.

- Генерируемые столбцы могут содержаться в сторонних таблицах. За подробностями обратитесь к CREATE FOREIGN TABLE.
- Применительно к наследованию:
    - Если родительский столбец является генерируемым, дочерний должен генерироваться тем же выражением. Поэтому в определении дочернего столбца нужно опустить предложение `GENERATED`, так как оно будет скопировано из родительского.
    - В случае множественного наследования, если один родительский столбец является генерируемым, все соответствующие ему столбцы в иерархии наследования также должны генерироваться тем же выражением.
    - Если родительский столбец не является генерируемым, дочерний столбец может быть как генерируемым, так и обычным.

Дополнительные замечания касаются использования генерируемых столбцов.

- Права доступа к генерируемым столбцам существуют отдельно от прав для нижележащих базовых столбцов. Поэтому их можно организовать так, чтобы определённый пользователь мог прочитать генерируемый столбец, но не нижележащие базовые столбцы.
- Генерируемые столбцы, в соответствии с концепцией, пересчитываются после выполнения триггеров `BEFORE`. Вследствие этого, в генерируемых столбцах будут отражаться изменения, производимые триггером `BEFORE` в базовых столбцах, а обращаться в коде такого триггера к генерируемым столбцам, напротив, нельзя.
- Генерируемые столбцы не участвуют в логической репликации.

5.4. Ограничения

Типы данных сами по себе ограничивают множество данных, которые можно сохранить в таблице. Однако для многих приложений такие ограничения слишком грубые. Например, столбец, содержащий цену продукта, должен, вероятно, принимать только положительные значения. Но такого стандартного типа данных нет. Возможно, вы также захотите ограничить данные столбца по отношению к другим столбцам или строкам. Например, в таблице с информацией о товаре должна быть только одна строка с определённым кодом товара.

Для решения подобных задач SQL позволяет вам определять ограничения для столбцов и таблиц. Ограничения дают вам возможность управлять данными в таблицах так, как вы захотите. Если пользователь попытается сохранить в столбце значение, нарушающее ограничения, возникнет ошибка. Ограничения будут действовать, даже если это значение по умолчанию.

5.4.1. Ограничения-проверки

Ограничение-проверка — наиболее общий тип ограничений. В его определении вы можете указать, что значение данного столбца должно удовлетворять логическому выражению (проверке истинности). Например, цену товара можно ограничить положительными значениями так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0)
);
```

Как вы видите, ограничение определяется после типа данных, как и значение по умолчанию. Значения по умолчанию и ограничения могут указываться в любом порядке. Ограничение-проверка состоит из ключевого слова `CHECK`, за которым идёт выражение в скобках. Это выражение должно включать столбец, для которого задаётся ограничение, иначе оно не имеет большого смысла.

Вы можете также присвоить ограничению отдельное имя. Это улучшит сообщения об ошибках и позволит вам ссылаться на это ограничение, когда вам понадобится изменить его. Сделать это можно так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CONSTRAINT positive_price CHECK (price > 0)
);
```

То есть, чтобы создать именованное ограничение, напишите ключевое слово `CONSTRAINT`, а за ним идентификатор и собственно определение ограничения. (Если вы не определите имя ограничения таким образом, система выберет для него имя за вас.)

Ограничение-проверка может также ссылаться на несколько столбцов. Например, если вы храните обычную цену и цену со скидкой, так вы можете гарантировать, что цена со скидкой будет всегда меньше обычной:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric CHECK (discounted_price > 0),
    CHECK (price > discounted_price)
);
```

Первые два ограничения определяются похожим образом, но для третьего используется новый синтаксис. Оно не связано с определённым столбцом, а представлено отдельным элементом в списке. Определения столбцов и такие определения ограничений можно переставлять в произвольном порядке.

Про первые два ограничения можно сказать, что это ограничения столбцов, тогда как третье является ограничением таблицы, так как оно написано отдельно от определений столбцов. Ограничения столбцов также можно записать в виде ограничений таблицы, тогда как обратное не всегда возможно, так как подразумевается, что ограничение столбца ссылается только на связанный столбец. (Хотя PostgreSQL этого не требует, но для совместимости с другими СУБД лучше следовать это правилу.) Ранее приведённый пример можно переписать и так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0),
    CHECK (price > discounted_price)
);
```

Или даже так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0 AND price > discounted_price)
);
```

Это дело вкуса.

Ограничениям таблицы можно присваивать имена так же, как и ограничениям столбцов:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    CHECK (price > 0),
```

```
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0),
    CONSTRAINT valid_discount CHECK (price > discounted_price)
);
```

Следует заметить, что ограничение-проверка удовлетворяется, если выражение принимает значение true или NULL. Так как результатом многих выражений с операндами NULL будет значение NULL, такие ограничения не будут препятствовать записи NULL в ограничиваемые столбцы. Чтобы гарантировать, что столбец не содержит значения NULL, можно использовать ограничение NOT NULL, описанное в следующем разделе.

> **Примечание**
>
> PostgreSQL не поддерживает ограничения `CHECK`, которые обращаются к данным, не относящимся к новой или изменённой строке. Хотя ограничение `CHECK`, нарушающее это правило, может работать в простых случаях, в общем случае нельзя гарантировать, что база данных не придёт в состояние, когда условие ограничения окажется ложным (вследствие последующих изменений других участвующих в его вычислении строк). В результате восстановление выгруженных данных может оказаться невозможным. Во время восстановления возможен сбой, даже если полное состояние базы данных согласуется с условием ограничения, по причине того, что строки загружаются не в том порядке, в котором это условие будет соблюдаться. Поэтому для определения ограничений, затрагивающих другие строки и другие таблицы, используйте ограничения `UNIQUE`, `EXCLUDE` или `FOREIGN KEY`, если это возможно.
>
> Если вам не нужна постоянно поддерживаемая гарантия целостности, а достаточно разовой проверки добавляемой строки по отношению к другим строкам, вы можете реализовать эту проверку в собственном триггере. (Этот подход исключает вышеописанные проблемы при восстановлении, так как в выгрузке pg_dump триггеры воссоздаются после восстановления данных, и поэтому эта проверка не будет действовать в процессе выгрузки/восстановления.)

> **Примечание**
>
> В PostgreSQL предполагается, что условия ограничений `CHECK` являются постоянными, то есть при одинаковых данных в строке они всегда выдают одинаковый результат. Именно этим предположением оправдывается то, что ограничения `CHECK` проверяются только при добавлении или изменении строк, а не при каждом обращении к ним. (Приведённое выше предупреждение о недопустимости обращений к другим таблицам является частным следствием этого предположения.)
>
> Однако это предположение может нарушаться, как часто бывает, когда в выражении `CHECK` используется пользовательская функция, поведение которой впоследствии меняется. PostgreSQL не запрещает этого, и если строки в таблице перестанут удовлетворять ограничению `CHECK`, это останется незамеченным. В итоге при попытке загрузить выгруженные позже данные могут возникнуть проблемы. Поэтому подобные изменения рекомендуется осуществлять следующим образом: удалить ограничение (используя `ALTER TABLE`), изменить определение функции, а затем пересоздать ограничение той же командой, которая при этом перепроверит все строки таблицы.

5.4.2. Ограничения NOT NULL

Ограничение NOT NULL просто указывает, что столбцу нельзя присваивать значение NULL. Пример синтаксиса:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NOT NULL,
    name text NOT NULL,
```

```
    price numeric
);
```

Ограничение NOT NULL всегда записывается как ограничение столбца и функционально эквивалентно ограничению `CHECK (имя_столбца IS NOT NULL)`, но в PostgreSQL явное ограничение NOT NULL работает более эффективно. Хотя у такой записи есть недостаток — назначить имя таким ограничениям нельзя.

Естественно, для столбца можно определить больше одного ограничения. Для этого их нужно просто указать одно за другим:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NOT NULL,
    name text NOT NULL,
    price numeric NOT NULL CHECK (price > 0)
);
```

Порядок здесь не имеет значения, он не обязательно соответствует порядку проверки ограничений.

Для ограничения `NOT NULL` есть и обратное: ограничение `NULL`. Оно не означает, что столбец должен иметь только значение NULL, что конечно было бы бессмысленно. Суть же его в простом указании, что столбец может иметь значение NULL (это поведение по умолчанию). Ограничение `NULL` отсутствует в стандарте SQL и использовать его в переносимых приложениях не следует. (Оно было добавлено в PostgreSQL только для совместимости с некоторыми другими СУБД.) Однако некоторые пользователи любят его использовать, так как оно позволяет легко переключать ограничения в скрипте. Например, вы можете начать с:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NULL,
    name text NULL,
    price numeric NULL
);
```

и затем вставить ключевое слово `NOT`, где потребуется.

> **Подсказка**
>
> При проектировании баз данных чаще всего большинство столбцов должны быть помечены как NOT NULL.

5.4.3. Ограничения уникальности

Ограничения уникальности гарантируют, что данные в определённом столбце или группе столбцов уникальны среди всех строк таблицы. Ограничение записывается так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer UNIQUE,
    name text,
    price numeric
);
```

в виде ограничения столбца и так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    UNIQUE (product_no)
);
```

в виде ограничения таблицы.

Чтобы определить ограничение уникальности для группы столбцов, запишите его в виде ограничения таблицы, перечислив имена столбцов через запятую:

```
CREATE TABLE example (
    a integer,
    b integer,
    c integer,
    UNIQUE (a, c)
);
```

Такое ограничение указывает, что сочетание значений перечисленных столбцов должно быть уникально во всей таблице, тогда как значения каждого столбца по отдельности не должны быть (и обычно не будут) уникальными.

Вы можете назначить уникальному ограничению имя обычным образом:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer CONSTRAINT must_be_different UNIQUE,
    name text,
    price numeric
);
```

При добавлении ограничения уникальности будет автоматически создан уникальный индекс-B-дерево для столбца или группы столбцов, перечисленных в ограничении. Условие уникальности, распространяющееся только на некоторые строки, нельзя записать в виде ограничения уникальности, однако такое условие можно установить, создав уникальный частичный индекс.

Вообще говоря, ограничение уникальности нарушается, если в таблице оказывается несколько строк, у которых совпадают значения всех столбцов, включённых в ограничение. Однако два значения NULL при сравнении никогда не считаются равными. Это означает, что даже при наличии ограничения уникальности в таблице можно сохранить строки с дублирующимися значениями, если они содержат NULL в одном или нескольких столбцах ограничения. Это поведение соответствует стандарту SQL, но мы слышали о СУБД, которые ведут себя по-другому. Имейте в виду эту особенность, разрабатывая переносимые приложения.

5.4.4. Первичные ключи

Ограничение первичного ключа означает, что образующий его столбец или группа столбцов может быть уникальным идентификатором строк в таблице. Для этого требуется, чтобы значения были одновременно уникальными и отличными от NULL. Таким образом, таблицы со следующими двумя определениями будут принимать одинаковые данные:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer UNIQUE NOT NULL,
    name text,
    price numeric
);
```

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);
```

Первичные ключи могут включать несколько столбцов; синтаксис похож на запись ограничений уникальности:

```
CREATE TABLE example (
    a integer,
    b integer,
    c integer,
    PRIMARY KEY (a, c)
```

```
);
```

При добавлении первичного ключа автоматически создаётся уникальный индекс-B-дерево для столбца или группы столбцов, перечисленных в первичном ключе, и данные столбцы помечаются как `NOT NULL`.

Таблица может иметь максимум один первичный ключ. (Ограничений уникальности и ограничений NOT NULL, которые функционально почти равнозначны первичным ключам, может быть сколько угодно, но назначить ограничением первичного ключа можно только одно.) Теория реляционных баз данных говорит, что первичный ключ должен быть в каждой таблице. В PostgreSQL такого жёсткого требования нет, но обычно лучше ему следовать.

Первичные ключи полезны и для документирования, и для клиентских приложений. Например, графическому приложению с возможностями редактирования содержимого таблицы, вероятно, потребуется знать первичный ключ таблицы, чтобы однозначно идентифицировать её строки. Первичные ключи находят и другое применение в СУБД; в частности, первичный ключ в таблице определяет целевые столбцы по умолчанию для сторонних ключей, ссылающихся на эту таблицу.

5.4.5. Внешние ключи

Ограничение внешнего ключа указывает, что значения столбца (или группы столбцов) должны соответствовать значениям в некоторой строке другой таблицы. Это называется *ссылочной целостностью* двух связанных таблиц.

Пусть у вас уже есть таблица продуктов, которую мы неоднократно использовали ранее:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);
```

Давайте предположим, что у вас есть таблица с заказами этих продуктов. Мы хотим, чтобы в таблице заказов содержались только заказы действительно существующих продуктов. Поэтому мы определим в ней ограничение внешнего ключа, ссылающееся на таблицу продуктов:

```
CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    product_no integer REFERENCES products (product_no),
    quantity integer
);
```

С таким ограничением создать заказ со значением `product_no`, отсутствующим в таблице products (и не равным NULL), будет невозможно.

В такой схеме таблицу orders называют *подчинённой* таблицей, а products — *главной*. Соответственно, столбцы называют так же подчинённым и главным (или ссылающимся и целевым).

Предыдущую команду можно сократить так:

```
CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    product_no integer REFERENCES products,
    quantity integer
);
```

то есть, если опустить список столбцов, внешний ключ будет неявно связан с первичным ключом главной таблицы.

Ограничению внешнего ключа можно назначить имя стандартным способом.

Внешний ключ также может ссылаться на группу столбцов. В этом случае его нужно записать в виде обычного ограничения таблицы. Например:

```
CREATE TABLE t1 (
```

```
  a integer PRIMARY KEY,
  b integer,
  c integer,
  FOREIGN KEY (b, c) REFERENCES other_table (c1, c2)
);
```

Естественно, число и типы столбцов в ограничении должны соответствовать числу и типам целевых столбцов.

Иногда имеет смысл задать в ограничении внешнего ключа в качестве «другой таблицы» ту же таблицу; такой внешний ключ называется *ссылающимся на себя*. Например, если вы хотите, чтобы строки таблицы представляли узлы древовидной структуры, вы можете написать

```
CREATE TABLE tree (
    node_id integer PRIMARY KEY,
    parent_id integer REFERENCES tree,
    name text,
    ...
);
```

Для узла верхнего уровня `parent_id` будет равен NULL, но записи с отличным от NULL `parent_id` будут ссылаться только на существующие строки таблицы.

Таблица может содержать несколько ограничений внешнего ключа. Это полезно для связи таблиц в отношении многие-ко-многим. Скажем, у вас есть таблицы продуктов и заказов, но вы хотите, чтобы один заказ мог содержать несколько продуктов (что невозможно в предыдущей схеме). Для этого вы можете использовать такую схему:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);

CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    shipping_address text,
    ...
);

CREATE TABLE order_items (
    product_no integer REFERENCES products,
    order_id integer REFERENCES orders,
    quantity integer,
    PRIMARY KEY (product_no, order_id)
);
```

Заметьте, что в последней таблице первичный ключ покрывает внешние ключи.

Мы знаем, что внешние ключи запрещают создание заказов, не относящихся ни к одному продукту. Но что делать, если после создания заказов с определённым продуктом мы захотим удалить его? SQL справится с этой ситуацией. Интуиция подсказывает следующие варианты поведения:

- Запретить удаление продукта
- Удалить также связанные заказы
- Что-то ещё?

Для иллюстрации давайте реализуем следующее поведение в вышеприведённом примере: при попытке удаления продукта, на который ссылаются заказы (через таблицу `order_items`), мы запрещаем эту операцию. Если же кто-то попытается удалить заказ, то удалится и его содержимое:

```
CREATE TABLE products (
```

```
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);

CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    shipping_address text,
    ...
);

CREATE TABLE order_items (
    product_no integer REFERENCES products ON DELETE RESTRICT,
    order_id integer REFERENCES orders ON DELETE CASCADE,
    quantity integer,
    PRIMARY KEY (product_no, order_id)
);
```

Ограничивающие и каскадные удаления — два наиболее распространённых варианта. `RESTRICT` предотвращает удаление связанной строки. `NO ACTION` означает, что если зависимые строки продолжают существовать при проверке ограничения, возникает ошибка (это поведение по умолчанию). (Главным отличием этих двух вариантов является то, что `NO ACTION` позволяет отложить проверку в процессе транзакции, а `RESTRICT` — нет.) `CASCADE` указывает, что при удалении связанных строк зависимые от них будут так же автоматически удалены. Есть ещё два варианта: `SET NULL` и `SET DEFAULT`. При удалении связанных строк они назначают зависимым столбцам в подчинённой таблице значения NULL или значения по умолчанию, соответственно. Заметьте, что это не будет основанием для нарушения ограничений. Например, если в качестве действия задано `SET DEFAULT`, но значение по умолчанию не удовлетворяет ограничению внешнего ключа, операция закончится ошибкой.

Аналогично указанию `ON DELETE` существует `ON UPDATE`, которое срабатывает при изменении заданного столбца. При этом возможные действия те же, а `CASCADE` в данном случае означает, что изменённые значения связанных столбцов будут скопированы в зависимые строки.

Обычно зависимая строка не должна удовлетворять ограничению внешнего ключа, если один из связанных столбцов содержит NULL. Если в объявление внешнего ключа добавлено `MATCH FULL`, строка будет удовлетворять ограничению, только если все связанные столбцы равны NULL (то есть при разных значениях (NULL и не NULL) гарантируется невыполнение ограничения `MATCH FULL`). Если вы хотите, чтобы зависимые строки не могли избежать и этого ограничения, объявите связанные столбцы как `NOT NULL`.

Внешний ключ должен ссылаться на столбцы, либо являющиеся первичным ключом, либо образующие ограничение уникальности, либо являющиеся столбцами из нечастичного уникального индекса. Таким образом, для связанных столбцов всегда будет существовать индекс, а значит проверки наличия соответствия для связанной строки будут выполняться эффективно. Так как команды `DELETE` для строк главной таблицы или `UPDATE` для зависимых столбцов потребуют просканировать подчинённую таблицу и найти строки, ссылающиеся на старые значения, полезно будет иметь индекс и для подчинённых столбцов. Но это нужно не всегда, и создать соответствующий индекс можно по-разному, поэтому объявление внешнего ключа не создаёт автоматически индекс по связанным столбцам.

Подробнее об изменении и удалении данных рассказывается в Главе 6. Вы также можете подробнее узнать о синтаксисе ограничений внешнего ключа в справке CREATE TABLE.

5.4.6. Ограничения-исключения

Ограничения-исключения гарантируют, что при сравнении любых двух строк по указанным столбцам или выражениям с помощью заданных операторов, минимум одно из этих сравнений возвратит false или NULL. Записывается это так:

```
CREATE TABLE circles (
    c circle,
    EXCLUDE USING gist (c WITH &&)
);
```

Подробнее об этом см. `CREATE TABLE ... CONSTRAINT ... EXCLUDE`.

При добавлении ограничения-исключения будет автоматически создан индекс того типа, который указан в объявлении ограничения.

5.5. Системные столбцы

В каждой таблице есть несколько *системных столбцов*, неявно определённых системой. Как следствие, их имена нельзя использовать в качестве имён пользовательских столбцов. (Заметьте, что это не зависит от того, является ли имя ключевым словом или нет; заключение имени в кавычки не поможет избежать этого ограничения.) Эти столбцы не должны вас беспокоить, вам лишь достаточно знать об их существовании.

`tableoid`

: Идентификатор объекта для таблицы, содержащей строку. Этот столбец особенно полезен для запросов, имеющих дело с иерархией наследования (см. Раздел 5.10), так как без него сложно определить, из какой таблицы выбрана строка. Связав `tableoid` со столбцом `oid` в таблице `pg_class`, можно будет получить имя таблицы.

`xmin`

: Идентификатор (код) транзакции, добавившей строку этой версии. (Версия строки — это её индивидуальное состояние; при каждом изменении создаётся новая версия одной и той же логической строки.)

`cmin`

: Номер команды (начиная с нуля) внутри транзакции, добавившей строку.

`xmax`

: Идентификатор транзакции, удалившей строку, или 0 для неудалённой версии строки. Значение этого столбца может быть ненулевым и для видимой версии строки. Это обычно означает, что удаляющая транзакция ещё не была зафиксирована, или удаление было отменено.

`cmax`

: Номер команды в удаляющей транзакции или ноль.

`ctid`

: Физическое расположение данной версии строки в таблице. Заметьте, что хотя по `ctid` можно очень быстро найти версию строки, значение `ctid` изменится при выполнении `VACUUM FULL`. Таким образом, `ctid` нельзя применять в качестве долгосрочного идентификатора строки. Для идентификации логических строк следует использовать первичный ключ.

Идентификаторы транзакций также являются 32-битными. В долгоживущей базе данных они могут пойти по кругу. Это не критично при правильном обслуживании БД; подробнее об этом см. Главу 24. Однако полагаться на уникальность кодов транзакций в течение длительного времени (при более чем миллиарде транзакций) не следует.

Идентификаторы команд также 32-битные. Это создаёт жёсткий лимит на 2^{32} (4 миллиарда) команд SQL в одной транзакции. На практике это не проблема — заметьте, что это лимит числа команд SQL, а не количества обрабатываемых строк. Кроме того, идентификатор получают только те команды, которые фактически изменяют содержимое базы данных.

5.6. Изменение таблиц

Если вы создали таблицы, а затем поняли, что допустили ошибку, или изменились требования вашего приложения, вы можете удалить её и создать заново. Но это будет неудобно, если таблица уже заполнена данными, или если на неё ссылаются другие объекты базы данных (например, по внешнему ключу). Поэтому PostgreSQL предоставляет набор команд для модификации таблиц. Заметьте, что это по сути отличается от изменения данных, содержащихся в таблице: здесь мы обсуждаем модификацию определения, или структуры, таблицы.

Вы можете:

- Добавлять столбцы
- Удалять столбцы
- Добавлять ограничения
- Удалять ограничения
- Изменять значения по умолчанию
- Изменять типы столбцов
- Переименовывать столбцы
- Переименовывать таблицы

Все эти действия выполняются с помощью команды ALTER TABLE; подробнее о ней вы можете узнать в её справке.

5.6.1. Добавление столбца

Добавить столбец вы можете так:

```
ALTER TABLE products ADD COLUMN description text;
```

Новый столбец заполняется заданным для него значением по умолчанию (или значением NULL, если вы не добавите указание `DEFAULT`).

Подсказка

Начиная с PostgreSQL 11, добавление столбца с постоянным значением по умолчанию более не означает, что при выполнении команды `ALTER TABLE` будут изменены все строки таблицы. Вместо этого установленное значение по умолчанию будет просто выдаваться при следующем обращении к строкам, а сохранится в строках при перезаписи таблицы. Благодаря этому операция `ALTER TABLE` и с большими таблицами выполняется очень быстро.

Однако если значение по умолчанию изменчивое (например, это `clock_timestamp()`), в каждую строку нужно будет внести значение, вычисленное в момент выполнения `ALTER TABLE`. Чтобы избежать потенциально длительной операции изменения всех строк, если вы планируете заполнить столбец в основном не значениями по умолчанию, лучше будет добавить столбец без значения по умолчанию, затем вставить требуемые значения с помощью `UPDATE`, а потом определить значение по умолчанию, как описано ниже.

При этом вы можете сразу определить ограничения столбца, используя обычный синтаксис:

```
ALTER TABLE products ADD COLUMN description text CHECK (description <> '');
```

На самом деле здесь можно использовать все конструкции, допустимые в определении столбца в команде `CREATE TABLE`. Помните однако, что значение по умолчанию должно удовлетворять данным ограничениям, чтобы операция `ADD` выполнилась успешно. Вы также можете сначала заполнить столбец правильно, а затем добавить ограничения (см. ниже).

5.6.2. Удаление столбца

Удалить столбец можно так:

```
ALTER TABLE products DROP COLUMN description;
```

Данные, которые были в этом столбце, исчезают. Вместе со столбцом удаляются и включающие его ограничения таблицы. Однако если на столбец ссылается ограничение внешнего ключа другой таблицы, PostgreSQL не удалит это ограничение неявно. Разрешить удаление всех зависящих от этого столбца объектов можно, добавив указание `CASCADE`:

```
ALTER TABLE products DROP COLUMN description CASCADE;
```

Общий механизм, стоящий за этим, описывается в Разделе 5.14.

5.6.3. Добавление ограничения

Для добавления ограничения используется синтаксис ограничения таблицы. Например:

```
ALTER TABLE products ADD CHECK (name <> '');
ALTER TABLE products ADD CONSTRAINT some_name UNIQUE (product_no);
ALTER TABLE products ADD FOREIGN KEY (product_group_id) REFERENCES product_groups;
```

Чтобы добавить ограничение NOT NULL, которое нельзя записать в виде ограничения таблицы, используйте такой синтаксис:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN product_no SET NOT NULL;
```

Ограничение проходит проверку автоматически и будет добавлено, только если ему удовлетворяют данные таблицы.

5.6.4. Удаление ограничения

Для удаления ограничения вы должны знать его имя. Если вы не присваивали ему имя, это неявно сделала система, и вы должны выяснить его. Здесь может быть полезна команда psql `\d` *`имя_таблицы`* (или другие программы, показывающие подробную информацию о таблицах). Зная имя, вы можете использовать команду:

```
ALTER TABLE products DROP CONSTRAINT some_name;
```

Как и при удалении столбца, если вы хотите удалить ограничение с зависимыми объектами, добавьте указание `CASCADE`. Примером такой зависимости может быть ограничение внешнего ключа, связанное со столбцами ограничения первичного ключа.

Так можно удалить ограничения любых типов, кроме NOT NULL. Чтобы удалить ограничение NOT NULL, используйте команду:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN product_no DROP NOT NULL;
```

(Вспомните, что у ограничений NOT NULL нет имён.)

5.6.5. Изменение значения по умолчанию

Назначить столбцу новое значение по умолчанию можно так:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price SET DEFAULT 7.77;
```

Заметьте, что это никак не влияет на существующие строки таблицы, а просто задаёт значение по умолчанию для последующих команд `INSERT`.

Чтобы удалить значение по умолчанию, выполните:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price DROP DEFAULT;
```

При этом по сути значению по умолчанию просто присваивается NULL. Как следствие, ошибки не будет, если вы попытаетесь удалить значение по умолчанию, не определённое явно, так как неявно оно существует и равно NULL.

5.6.6. Изменение типа данных столбца

Чтобы преобразовать столбец в другой тип данных, используйте команду:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price TYPE numeric(10,2);
```

Она будет успешна, только если все существующие значения в столбце могут быть неявно приведены к новому типу. Если требуется более сложное преобразование, вы можете добавить указание `USING`, определяющее, как получить новые значения из старых.

PostgreSQL попытается также преобразовать к новому типу значение столбца по умолчанию (если оно определено) и все связанные с этим столбцом ограничения. Но преобразование может оказаться неправильным, и тогда вы получите неожиданные результаты. Поэтому обычно лучше удалить все ограничения столбца, перед тем как менять его тип, а затем воссоздать модифицированные должным образом ограничения.

5.6.7. Переименование столбца

Чтобы переименовать столбец, выполните:

```
ALTER TABLE products RENAME COLUMN product_no TO product_number;
```

5.6.8. Переименование таблицы

Таблицу можно переименовать так:

```
ALTER TABLE products RENAME TO items;
```

5.7. Права

Когда в базе данных создаётся объект, ему назначается владелец. Владельцем обычно становится роль, с которой был выполнен оператор создания. Для большинства типов объектов в исходном состоянии только владелец (или суперпользователь) может делать с объектом всё, что угодно. Чтобы разрешить использовать его другим ролям, нужно дать им *права*.

Существует несколько типов прав: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES`, `TRIGGER`, `CREATE`, `CONNECT`, `TEMPORARY`, `EXECUTE` и `USAGE`. Набор прав, применимых к определённому объекту, зависит от типа объекта (таблица, функция и т. д.). Более подробно назначение этих прав описывается ниже. Как применяются эти права, вы также увидите в следующих разделах и главах.

Право изменять или удалять объект является неотъемлемым правом владельца объекта, его нельзя лишиться или передать другому. (Однако как и все другие права, это право наследуют члены роли-владельца, см. Раздел 21.3.)

Объекту можно назначить нового владельца с помощью команды `ALTER` для соответствующего типа объекта, например:

```
ALTER TABLE имя_таблицы OWNER TO новый_владелец;
```

Суперпользователь может делать это без ограничений, а обычный пользователь — только если он является одновременно текущим владельцем объекта (или членом роли владельца) и членом новой роли.

Для назначения прав применяется команда GRANT. Например, если в базе данных есть роль `joe` и таблица `accounts`, право на изменение таблицы можно дать этой роли так:

```
GRANT UPDATE ON accounts TO joe;
```

Если вместо конкретного права написать `ALL`, роль получит все права, применимые для объекта этого типа.

Для назначения права всем ролям в системе можно использовать специальное имя «роли»: `PUBLIC`. Также для упрощения управления ролями, когда в базе данных есть множество пользователей, можно настроить «групповые» роли; подробнее об этом см. Главу 21.

Чтобы лишить пользователей ранее данных им прав, используйте команду REVOKE:

```
REVOKE ALL ON accounts FROM PUBLIC;
```

Обычно распоряжаться правами может только владелец объекта (или суперпользователь). Однако возможно дать право доступа к объекту «с правом передачи», что позволит получившему такое право назначать его другим. Если такое право передачи впоследствии будет отозвано, то все, кто получил данное право доступа (непосредственно или по цепочке передачи), потеряют его. Подробнее об этом см. справку GRANT и REVOKE.

Владелец объекта может лишить себя обычных прав, например запретить не только всем остальным, но и себе, вносить изменения в таблицу. Однако владельцы всегда имеют возможность управлять правами, так что они могут в любом случае вернуть себе права, которых лишились.

Все существующие права перечислены ниже:

`SELECT`

Позволяет выполнять SELECT для любого столбца или перечисленных столбцов в заданной таблице, представлении, матпредставлении или другом объекте табличного вида. Также позволяет выполнять COPY TO. Помимо этого, данное право требуется для обращения к существующим значениям столбцов в UPDATE или DELETE. Для последовательностей это право позволяет пользоваться функцией `currval`. Для больших объектов оно позволяет читать содержимое объекта.

`INSERT`

Позволяет вставлять с помощью INSERT строки в заданную таблицу, представление и т. п. Может назначаться для отдельных столбцов; в этом случае только этим столбцам можно присваивать значения в команде `INSERT` (другие столбцы получат значения по умолчанию). Также позволяет выполнять COPY FROM.

`UPDATE`

Позволяет изменять с помощью UPDATE данные во всех, либо только перечисленных, столбцах в заданной таблице, представлении и т. п. (На практике для любой нетривиальной команды `UPDATE` потребуется и право `SELECT`, так как она должна обратиться к столбцам таблицы, чтобы определить, какие строки подлежат изменению, и/или вычислить новые значения столбцов.) Для `SELECT ... FOR UPDATE` и `SELECT ... FOR SHARE` также требуется иметь это право как минимум для одного столбца, помимо права `SELECT`. Для последовательностей это право позволяет пользоваться функциями `nextval` и `setval`. Для больших объектов это право позволяет записывать данные в объект или обрезать его.

`DELETE`

Позволяет удалять с помощью DELETE строки из таблицы, представления и т. п. (На практике для любой нетривиальной команды `DELETE` потребуется также право `SELECT`, так как она должна обратиться к колонкам таблицы, чтобы определить, какие строки подлежат удалению.)

`TRUNCATE`

Позволяет опустошать таблицу с помощью TRUNCATE.

`REFERENCES`

Позволяет создавать ограничение внешнего ключа, обращающееся к таблице или определённым столбцам таблицы.

`TRIGGER`

Позволяет создавать триггер для таблицы, представления и т. п.

`CREATE`

Для баз данных это право позволяет создавать схемы и публикации, а также устанавливать доверенные расширения в конкретной базе.

Для схем это право позволяет создавать новые объекты в заданной схеме. Чтобы переименовать существующий объект, необходимо быть его владельцем *и* иметь это право для схемы, содержащей его.

Для табличных пространств это право позволяет создавать таблицы, индексы и временные файлы в определённом табличном пространстве, а также создавать базы данных, для которых это пространство будет основным.

Заметьте, что факт лишения пользователя этого права не влияет на существование или размещение существующих объектов.

`CONNECT`

Позволяет подключаться к базе данных. Это право проверяется при установлении соединения (в дополнение к условиям, определённым в конфигурации `pg_hba.conf`).

`TEMPORARY`

Позволяет создавать временные таблицы в определённой базе данных.

`EXECUTE`

Позволяет вызывать функцию или процедуру, в том числе использовать любые операторы, реализованные данной функцией. Это единственный тип прав, применимый к функциям и процедурам.

`USAGE`

Для процедурных языков это право позволяет создавать функции на определённом языке. Это единственный тип прав, применимый к процедурным языкам.

Для схем это право даёт доступ к содержащимся в них объектам (предполагается, что при этом имеются права, необходимые для доступа к самим объектам). По сути это право позволяет субъекту «просматривать» объекты внутри схемы. Без этого разрешения имена объектов всё же можно будет узнать, например, обратившись к системным каталогам. Кроме того, если отозвать это право, в существующих сеансах могут оказаться операторы, для которых просмотр имён объектов был выполнен ранее, так что это право не позволяет абсолютно надёжно перекрыть доступ к объектам.

Для последовательностей это право позволяет использовать функции `currval` и `nextval`.

Для типов и доменов это право позволяет использовать заданный тип или домен при создании таблиц, функций или других объектов схемы. (Заметьте, что это право не ограничивает общее «использование» типа, например обращение к значениям типа в запросах. Без этого права нельзя только создавать объекты, зависящие от заданного типа. Основное предназначение этого права в том, чтобы ограничить круг пользователей, способных создавать зависимости от типа, которые могут впоследствии помешать владельцу типа изменить его.)

Для обёрток сторонних данных это право позволяет создавать использующие их определения сторонних серверов.

Для сторонних серверов это право позволяет создавать использующие их сторонние таблицы. Наделённые этим правом могут также создавать, модифицировать или удалять собственные сопоставления пользователей, связанные с определённым сервером.

Права, требующиеся для других команд, указаны на страницах справки этих команд.

PostgreSQL по умолчанию назначает роли `PUBLIC` права для некоторых типов объектов, когда эти объекты создаются. Для таблиц, столбцов, последовательностей, обёрток сторонних данных, сторонних серверов, больших объектов, схем и табличных пространств `PUBLIC` по умолчанию никаких прав не получает. Для других типов объектов `PUBLIC` получает следующие права по умолчанию: `CONNECT` и `TEMPORARY` (создание временных таблиц) для баз данных; `EXECUTE` — для функций и процедур; `USAGE` — для языков и типов данных (включая домены). Владелец объекта, конечно же, может отозвать (посредством `REVOKE`) как явно назначенные права, так и права по умолчанию. (Для максимальной безопасности команду `REVOKE` нужно выполнять в транзакции, создающей объект; тогда не образуется окно, в котором другой пользователь сможет обратиться к объекту.) Кроме того, эти изначально назначаемые права по умолчанию можно переопределить, воспользовавшись командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES.

В Таблице 5.1 показаны однобуквенные сокращения, которыми обозначаются эти права в списках *ACL* (Access Control List, Список контроля доступа). Вы увидите эти сокращения в выводе перечисленных ниже команд psql или в столбцах ACL в системных каталогах.

Таблица 5.1. Сокращённые обозначения прав в ACL

Право	Сокращение	Применимые типы объектов
SELECT	r («read», чтение)	LARGE OBJECT, SEQUENCE, TABLE (и объекты, подобным таблицам), столбец таблицы
INSERT	a («append», добавление)	TABLE, столбец таблицы
UPDATE	w («write», запись)	LARGE OBJECT, SEQUENCE, TABLE, столбец таблицы
DELETE	d	TABLE
TRUNCATE	D	TABLE
REFERENCES	x	TABLE, столбец таблицы
TRIGGER	t	TABLE
CREATE	C	DATABASE, SCHEMA, TABLESPACE
CONNECT	c	DATABASE
TEMPORARY	T	DATABASE
EXECUTE	X	FUNCTION, PROCEDURE
USAGE	U	DOMAIN, FOREIGN DATA WRAPPER, FOREIGN SERVER, LANGUAGE, SCHEMA, SEQUENCE, TYPE

В Таблица 5.2 для каждого типа SQL-объекта показаны относящиеся к нему права, с использованием приведённых выше сокращений. Также в ней для каждого типа приведена команда psql, которая позволяет узнать, какие права назначены для объекта этого типа.

Таблица 5.2. Сводка прав доступа

Тип объекта	Все права	Права PUBLIC по умолчанию	Команда psql
DATABASE	CTc	Tc	\l
DOMAIN	U	U	\dD+
FUNCTION или PROCEDURE	X	X	\df+
FOREIGN DATA WRAPPER	U	нет	\dew+
FOREIGN SERVER	U	нет	\des+
LANGUAGE	U	U	\dL+
LARGE OBJECT	rw	нет	
SCHEMA	UC	нет	\dn+
SEQUENCE	rwU	нет	\dp
TABLE (и объекты, подобные таблицам)	arwdDxt	нет	\dp
Столбец таблицы	arwx	нет	\dp
TABLESPACE	C	нет	\db+
TYPE	U	U	\dT+

Права, назначенные для определённого объекта, выводятся в виде списка элементов aclitem, где каждый aclitem имеет такой формат:

правообладатель=*аббревиатура-права*[*]...*/праводатель*

Каждый aclitem содержит разрешения, которые были предоставлены субъекту определённым праводателем. Конкретные права представлены однобуквенными аббревиатурами из таблицы Таблица 5.1 с добавлением *, если право было выдано с параметром передачи. Например, запись calvin=r*w/hobbes означает, что роль calvin имеет право SELECT (r) с возможностью передачи (*), а также непередаваемое право UPDATE (w), и оба эти права даны ему ролью hobbes. Если calvin имеет для этого объекта и другие права, предоставленные ему другим праводателем, они выводятся в отдельном элементе aclitem. Пустое поле правообладателя в aclitem соответствует роли PUBLIC.

Например, предположим, что пользователь miriam создаёт таблицы mytable и выполняет:

```
GRANT SELECT ON mytable TO PUBLIC;
GRANT SELECT, UPDATE, INSERT ON mytable TO admin;
GRANT SELECT (col1), UPDATE (col1) ON mytable TO miriam_rw;
```

Тогда команда \dp в psql покажет:

```
=> \dp mytable
                                   Access privileges
 Schema |  Name   | Type  |   Access privileges   |   Column privileges   | Policies
--------+---------+-------+-----------------------+-----------------------+----------
 public | mytable | table | miriam=arwdDxt/miriam+| col1:                +|
        |         |       | =r/miriam            +|   miriam_rw=rw/miriam |
        |         |       | admin=arw/miriam      |                       |
(1 row)
```

Если столбец «Права доступа» (Access privileges) для данного объекта пуст, это значит, что для объекта действуют стандартные права (то есть запись прав в соответствующем каталоге содержит NULL). Права по умолчанию всегда включают все права для владельца и могут также включать некоторые права для PUBLIC в зависимости от типа объекта, как разъяснялось выше. Первая команда GRANT или REVOKE для объекта приводит к созданию записи прав по умолчанию (например, {miriam=arwdDxt/miriam}), а затем изменяет эту запись в соответствии с заданным запросом. Подобным образом, строки, показанные в столбце «Права доступа к столбцам» (Column privileges), выводятся только для столбцов с нестандартными правами доступа. (Заметьте, что в данном контексте под «стандартными правами» всегда подразумевается встроенный набор прав, предопределённый для типа объекта. Если с объектом связан набор прав по умолчанию, полученный после изменения в результате ALTER DEFAULT PRIVILEGES, изменённые права будут всегда выводиться явно, показывая эффект команды ALTER.)

Заметьте, что право распоряжения правами, которое имеет владелец, не отмечается в выводимой сводке. Знаком * отмечаются только те права с правом передачи, которые были явно назначены кому-либо.

5.8. Политики защиты строк

В дополнение к стандартной системе прав SQL, управляемой командой GRANT, на уровне таблиц можно определить *политики защиты строк*, ограничивающие для пользователей наборы строк, которые могут быть возвращены обычными запросами или добавлены, изменены и удалены командами, изменяющими данные. Это называется также *защитой на уровне строк* (RLS, Row-Level Security). По умолчанию таблицы не имеют политик, так что если система прав SQL разрешает пользователю доступ к таблице, все строки в ней одинаково доступны для чтения или изменения.

Когда для таблицы включается защита строк (с помощью команды ALTER TABLE ... ENABLE ROW LEVEL SECURITY), все обычные запросы к таблице на выборку или модификацию строк должны разрешаться политикой защиты строк. (Однако на владельца таблицы такие политики обычно не действуют.) Если политика для таблицы не определена, применяется политика запрета по умолчанию, так что никакие строки в этой таблице нельзя увидеть или модифицировать. На операции с таблицей в целом, такие как TRUNCATE и REFERENCES, защита строк не распространяется.

Политики защиты строк могут применяться к определённым командам и/или ролям. Политику можно определить как применяемую к командам `ALL` (всем), либо `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Кроме того, политику можно связать с несколькими ролями, при этом действуют обычные правила членства и наследования.

Чтобы определить, какие строки будут видимыми или могут изменяться в таблице, для политики задаётся выражение, возвращающее логический результат. Это выражение будет вычисляться для каждой строки перед другими условиями или функциями, поступающими из запроса пользователя. (Единственным исключением из этого правила являются `герметичные` функции, которые гарантированно не допускают утечки информации; оптимизатор может решить выполнить эти функции до проверок защиты строк.) Строки, для которых это выражение возвращает не `true`, обрабатываться не будут. Чтобы независимо управлять набором строк, которые можно видеть, и набором строк, которые можно модифицировать, в политике можно задать отдельные выражения. Выражения политик обрабатываются в составе запроса с правами исполняющего его пользователя, но для обращения к данным, недоступным этому пользователю, в этих выражениях могут применяться функции, определяющие контекст безопасности.

Суперпользователи и роли с атрибутом `BYPASSRLS` всегда обращаются к таблице, минуя систему защиты строк. На владельца таблицы защита строк тоже не действует, хотя он может включить её для себя принудительно, выполнив команду ALTER TABLE ... FORCE ROW LEVEL SECURITY.

Неотъемлемое право включать или отключать защиту строк, а также определять политики для таблицы, имеет только её владелец.

Для создания политик предназначена команда CREATE POLICY, для изменения — ALTER POLICY, а для удаления — DROP POLICY. Чтобы включить или отключить защиту строк для определённой таблицы, воспользуйтесь командой ALTER TABLE.

Каждой политике назначается имя, при этом для одной таблицы можно определить несколько политик. Так как политики привязаны к таблицам, каждая политика для таблицы должна иметь уникальное имя. В разных таблицах политики могут иметь одинаковые имена.

Когда к определённому запросу применяются несколько политик, они объединяются либо логическим сложением (если политики разрешительные (по умолчанию)), либо умножением (если политики ограничительные). Это подобно тому, как некоторая роль получает права всех ролей, в которые она включена. Разрешительные и ограничительные политики рассматриваются ниже.

В качестве простого примера, создать политику для отношения `account`, позволяющую только членам роли `managers` обращаться к строкам отношения и при этом только к своим, можно так:

```
CREATE TABLE accounts (manager text, company text, contact_email text);

ALTER TABLE accounts ENABLE ROW LEVEL SECURITY;

CREATE POLICY account_managers ON accounts TO managers
    USING (manager = current_user);
```

Эта политика неявно подразумевает и предложение `WITH CHECK`, идентичное предложению `USING`, поэтому указанное ограничение применяется и к строкам, выбираемым командой (так что один менеджер не может выполнить `SELECT`, `UPDATE` или `DELETE` для существующих строк, принадлежащих другому), и к строкам, изменяемым командой (так что командами `INSERT` и `UPDATE` нельзя создать строки, принадлежащие другому менеджеру).

Если роль не задана, либо задано специальное имя пользователя `PUBLIC`, политика применяется ко всем пользователям в данной системе. Чтобы все пользователи могли обратиться только к собственной строке в таблице `users`, можно применить простую политику:

```
CREATE POLICY user_policy ON users
    USING (user_name = current_user);
```

Это работает подобно предыдущему примеру.

Чтобы определить для строк, добавляемых в таблицу, отдельную политику, отличную от политики, ограничивающей видимые строки, можно скомбинировать несколько политик. Следующая пара политик позволит всем пользователям видеть все строки в таблице `users`, но изменять только свою собственную:

```
CREATE POLICY user_sel_policy ON users
    FOR SELECT
    USING (true);
CREATE POLICY user_mod_policy ON users
    USING (user_name = current_user);
```

Для команды `SELECT` эти две политики объединяются операцией `OR`, так что в итоге это позволяет выбирать все строки. Для команд других типов применяется только вторая политика, и эффект тот же, что и раньше.

Защиту строк можно отключить так же командой `ALTER TABLE`. При отключении защиты, политики, определённые для таблицы, не удаляются, а просто игнорируются. В результате в таблице будут видны и могут модифицироваться все строки, с учётом ограничений стандартной системы прав SQL.

Ниже показан развёрнутый пример того, как этот механизм защиты можно применять в производственной среде. Таблица `passwd` имитирует файл паролей в Unix:

```
-- Простой пример на базе файла passwd
CREATE TABLE passwd (
  user_name              text UNIQUE NOT NULL,
  pwhash                text,
  uid                   int  PRIMARY KEY,
  gid                   int  NOT NULL,
  real_name             text NOT NULL,
  home_phone            text,
  extra_info            text,
  home_dir              text NOT NULL,
  shell                 text NOT NULL
);

CREATE ROLE admin;  -- Администратор
CREATE ROLE bob;    -- Обычный пользователь
CREATE ROLE alice;  -- Обычный пользователь

-- Наполнение таблицы
INSERT INTO passwd VALUES
  ('admin','xxx',0,0,'Admin','111-222-3333',null,'/root','/bin/dash');
INSERT INTO passwd VALUES
  ('bob','xxx',1,1,'Bob','123-456-7890',null,'/home/bob','/bin/zsh');
INSERT INTO passwd VALUES
  ('alice','xxx',2,1,'Alice','098-765-4321',null,'/home/alice','/bin/zsh');

-- Необходимо включить для этой таблицы защиту на уровне строк
ALTER TABLE passwd ENABLE ROW LEVEL SECURITY;

-- Создание политик
-- Администратор может видеть и добавлять любые строки
CREATE POLICY admin_all ON passwd TO admin USING (true) WITH CHECK (true);
-- Обычные пользователи могут видеть все строки
CREATE POLICY all_view ON passwd FOR SELECT USING (true);
-- Обычные пользователи могут изменять собственные данные, но
-- не могут задать произвольную оболочку входа
CREATE POLICY user_mod ON passwd FOR UPDATE
```

```
  USING (current_user = user_name)
  WITH CHECK (
    current_user = user_name AND
    shell IN ('/bin/bash','/bin/sh','/bin/dash','/bin/zsh','/bin/tcsh')
  );

-- Администраторы получают все обычные права
GRANT SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE ON passwd TO admin;
-- Пользователям разрешается чтение только общедоступных столбцов
GRANT SELECT
  (user_name, uid, gid, real_name, home_phone, extra_info, home_dir, shell)
  ON passwd TO public;
-- Пользователям разрешается изменение определённых столбцов
GRANT UPDATE
  (pwhash, real_name, home_phone, extra_info, shell)
  ON passwd TO public;
```

Как и любые средства защиты, важно проверить политики, и убедиться в том, что они работают ожидаемым образом. Применительно к предыдущему примеру, эти команды показывают, что система разрешений работает корректно.

```
-- Администратор может видеть все строки и поля
postgres=> set role admin;
SET
postgres=> table passwd;
 user_name | pwhash | uid | gid | real_name |  home_phone  | extra_info | home_dir    |
   shell
-----------+--------+-----+-----+-----------+--------------+------------+-------------
+-----------
 admin     | xxx    |   0 |   0 | Admin     | 111-222-3333 |            | /root
 | /bin/dash
 bob       | xxx    |   1 |   1 | Bob       | 123-456-7890 |            | /home/bob
 | /bin/zsh
 alice     | xxx    |   2 |   1 | Alice     | 098-765-4321 |            | /home/alice
 | /bin/zsh
(3 rows)

-- Проверим, что может делать Алиса
postgres=> set role alice;
SET
postgres=> table passwd;
ERROR:  permission denied for table passwd
postgres=> select user_name,real_name,home_phone,extra_info,home_dir,shell from passwd;
 user_name | real_name |  home_phone  | extra_info | home_dir    |   shell
-----------+-----------+--------------+------------+-------------+-----------
 admin     | Admin     | 111-222-3333 |            | /root       | /bin/dash
 bob       | Bob       | 123-456-7890 |            | /home/bob   | /bin/zsh
 alice     | Alice     | 098-765-4321 |            | /home/alice | /bin/zsh
(3 rows)

postgres=> update passwd set user_name = 'joe';
ERROR:  permission denied for table passwd
-- Алиса может изменить своё имя (поле real_name), но не имя кого-либо другого
postgres=> update passwd set real_name = 'Alice Doe';
UPDATE 1
postgres=> update passwd set real_name = 'John Doe' where user_name = 'admin';
UPDATE 0
postgres=> update passwd set shell = '/bin/xx';
ERROR:  new row violates WITH CHECK OPTION for "passwd"
```

```
postgres=> delete from passwd;
ERROR:  permission denied for table passwd
postgres=> insert into passwd (user_name) values ('xxx');
ERROR:  permission denied for table passwd
-- Алиса может изменить собственный пароль; попытки поменять другие пароли RLS просто
 игнорирует
postgres=> update passwd set pwhash = 'abc';
UPDATE 1
```

Все политики, создаваемые до этого, были разрешительными, что значит, что при применении нескольких политик они объединялись логическим оператором «ИЛИ». Хотя можно создать такие разрешительные политики, которые будут только разрешать доступ к строкам при определённых условиях, может быть проще скомбинировать разрешительные политики с ограничительными (которым должны удовлетворять записи и которые объединяются логическим оператором «И»). В развитие предыдущего примера мы добавим ограничительную политику, разрешающую администратору, подключённому через локальный сокет Unix, обращаться к записям таблицы `passwd`:

```
CREATE POLICY admin_local_only ON passwd AS RESTRICTIVE TO admin
    USING (pg_catalog.inet_client_addr() IS NULL);
```

Затем мы можем убедиться, что администратор, подключённый по сети, не увидит никаких записей, благодаря этой ограничительной политике:

```
=> SELECT current_user;
 current_user
--------------
 admin
(1 row)

=> select inet_client_addr();
 inet_client_addr
------------------
 127.0.0.1
(1 row)

=> SELECT current_user;
 current_user
--------------
 admin
(1 row)

=> TABLE passwd;
 user_name | pwhash | uid | gid | real_name | home_phone | extra_info | home_dir |
 shell
-----------+--------+-----+-----+-----------+------------+------------+----------
+-------
(0 rows)

=> UPDATE passwd set pwhash = NULL;
UPDATE 0
```

На проверки ссылочной целостности, например, на ограничения уникальности и внешние ключи, защита строк никогда не распространяется, чтобы не нарушалась целостность данных. Поэтому организацию и политики защиты на уровне строк необходимо тщательно прорабатывать, чтобы не возникли «скрытые каналы» утечки информации через эти проверки.

В некоторых случаях важно, чтобы защита на уровне строк, наоборот, не действовала. Например, резервное копирование может оказаться провальным, если механизм защиты на уровне строк молча не даст скопировать какие-либо строки. В таком случае вы можете установить для параметра конфигурации row_security значение `off`. Это само по себе не отключит защиту строк; при этом просто будет выдана ошибка, если результаты запроса отфильтруются политикой, с тем чтобы можно было изучить причину ошибки и устранить её.

В приведённых выше примерах выражения политики учитывали только текущие значения в запрашиваемой или изменяемой строке. Это самый простой и наиболее эффективный по скорости вариант; по возможности реализацию защиты строк следует проектировать именно так. Если же для принятия решения о доступе необходимо обращаться к другим строкам или другим таблицам, это можно осуществить, применяя в выражениях политик вложенные `SELECT` или функции, содержащие `SELECT`. Однако учтите, что при такой реализации возможны условия гонки, что чревато утечкой информации, если не принять меры предосторожности. Например, рассмотрим следующую конструкцию таблиц:

```
-- определение групп привилегий
CREATE TABLE groups (group_id int PRIMARY KEY,
                     group_name text NOT NULL);

INSERT INTO groups VALUES
  (1, 'low'),
  (2, 'medium'),
  (5, 'high');

GRANT ALL ON groups TO alice;  -- alice является администратором
GRANT SELECT ON groups TO public;

-- определение уровней привилегий для пользователей
CREATE TABLE users (user_name text PRIMARY KEY,
                    group_id int NOT NULL REFERENCES groups);

INSERT INTO users VALUES
  ('alice', 5),
  ('bob', 2),
  ('mallory', 2);

GRANT ALL ON users TO alice;
GRANT SELECT ON users TO public;

-- таблица, содержащая защищаемую информацию
CREATE TABLE information (info text,
                          group_id int NOT NULL REFERENCES groups);

INSERT INTO information VALUES
  ('barely secret', 1),
  ('slightly secret', 2),
  ('very secret', 5);

ALTER TABLE information ENABLE ROW LEVEL SECURITY;

-- строка должна быть доступна для чтения/изменения пользователям с group_id,
-- большим или равным group_id данной строки
CREATE POLICY fp_s ON information FOR SELECT
  USING (group_id <= (SELECT group_id FROM users WHERE user_name = current_user));
CREATE POLICY fp_u ON information FOR UPDATE
  USING (group_id <= (SELECT group_id FROM users WHERE user_name = current_user));

-- мы защищаем таблицу с информацией, полагаясь только на RLS
GRANT ALL ON information TO public;
```

Теперь предположим, что Алиса (роль `alice`) желает записать «слегка секретную» информацию, но при этом не хочет давать `mallory` доступ к ней. Она делает следующее:

```
BEGIN;
UPDATE users SET group_id = 1 WHERE user_name = 'mallory';
UPDATE information SET info = 'secret from mallory' WHERE group_id = 2;
COMMIT;
```

На первый взгляд всё нормально; `mallory` ни при каких условиях не должна увидеть строку «secret from mallory». Однако здесь возможно условие гонки. Если Мэллори (роль `mallory`) параллельно выполняет, скажем:

```
SELECT * FROM information WHERE group_id = 2 FOR UPDATE;
```

и её транзакция в режиме `READ COMMITTED`, она сможет увидеть «secret from mallory». Это произойдёт, если её транзакция дойдёт до строки `information` сразу после того, как эту строку изменит Алиса (роль `alice`). Она заблокируется, ожидая фиксирования транзакции Алисы, а затем прочитает изменённое содержимое строки благодаря предложению `FOR UPDATE`. Однако при этом изменённое содержимое `users` *не* будет прочитано неявным запросом `SELECT`, так как этот вложенный `SELECT` выполняется без указания `FOR UPDATE`; вместо этого строка `users` читается из снимка, полученного в начале запроса. Таким образом, выражение политики проверяет старое значение уровня привилегий пользователя `mallory` и позволяет ей видеть изменённую строку.

Обойти эту проблему можно несколькими способами. Первое простое решение заключается в использовании `SELECT ... FOR SHARE` во вложенных запросах `SELECT` в политиках защиты строк. Однако для этого потребуется давать затронутым пользователям право `UPDATE` в целевой таблице (здесь `users`), что может быть нежелательно. (Хотя можно применить ещё одну политику защиты строк, чтобы они не могли практически воспользоваться этим правилом; либо поместить вложенный `SELECT` в функцию, определяющую контекст безопасности.) Кроме этого, активное использование блокировок строк в целевой таблице может повлечь проблемы с производительностью, особенно при частых изменениях. Другое решение, практичное, если целевая таблица изменяется нечасто, заключается в блокировке целевой таблицы в режиме `ACCESS EXCLUSIVE` при изменении, чтобы никакие параллельные транзакции не видели старые значения строк. Либо можно просто дождаться завершения всех параллельных транзакций после изменения в целевой таблице, прежде чем вносить изменения, рассчитанные на новые условия безопасности.

За дополнительными подробностями обратитесь к CREATE POLICY и ALTER TABLE.

5.9. Схемы

Кластер баз данных PostgreSQL содержит один или несколько именованных экземпляров баз. На уровне кластера создаются роли и некоторые другие объекты. При этом в рамках одного подключения к серверу можно обращаться к данным только одной базы — той, что была выбрана при установлении соединения.

> **Примечание**
>
> Пользователи кластера не обязательно будут иметь доступ ко всем базам данных этого кластера. Тот факт, что роли создаются на уровне кластера, означает только то, что в кластере не может быть двух ролей `joe` в разных базах данных, хотя система позволяет ограничить доступ `joe` только некоторыми базами данных.

База данных содержит одну или несколько именованных *схем*, которые в свою очередь содержат таблицы. Схемы также содержат именованные объекты других видов, включая типы данных, функции и операторы. Одно и то же имя объекта можно свободно использовать в разных схемах, например и `schema1`, и `myschema` могут содержать таблицы с именем `mytable`. В отличие от баз данных, схемы не ограничивают доступ к данным: пользователи могут обращаться к объектам в любой схеме текущей базы данных, если им назначены соответствующие права.

Есть несколько возможных объяснений, для чего стоит применять схемы:

- Чтобы одну базу данных могли использовать несколько пользователей, независимо друг от друга.

- Чтобы объединить объекты базы данных в логические группы для облегчения управления ими.
- Чтобы в одной базе сосуществовали разные приложения, и при этом не возникало конфликтов имён.

Схемы в некотором смысле подобны каталогам в операционной системе, но они не могут быть вложенными.

5.9.1. Создание схемы

Для создания схемы используется команда CREATE SCHEMA. При этом вы определяете имя схемы по своему выбору, например так:

```
CREATE SCHEMA myschema;
```

Чтобы создать объекты в схеме или обратиться к ним, указывайте *полное имя*, состоящее из имён схемы и объекта, разделённых точкой:

```
схема.таблица
```

Этот синтаксис работает везде, где ожидается имя таблицы, включая команды модификации таблицы и команды обработки данных, обсуждаемые в следующих главах. (Для краткости мы будем говорить только о таблицах, но всё это распространяется и на другие типы именованных объектов, например, типы и функции.)

Есть ещё более общий синтаксис

```
база_данных.схема.таблица
```

но в настоящее время он поддерживается только для формального соответствия стандарту SQL. Если вы указываете базу данных, это может быть только база данных, к которой вы подключены.

Таким образом, создать таблицу в новой схеме можно так:

```
CREATE TABLE myschema.mytable (
 ...
);
```

Чтобы удалить пустую схему (не содержащую объектов), выполните:

```
DROP SCHEMA myschema;
```

Удалить схему со всеми содержащимися в ней объектами можно так:

```
DROP SCHEMA myschema CASCADE;
```

Стоящий за этим общий механизм описан в Разделе 5.14.

Часто бывает нужно создать схему, владельцем которой будет другой пользователь (это один из способов ограничения пользователей пространствами имён). Сделать это можно так:

```
CREATE SCHEMA имя_схемы AUTHORIZATION имя_пользователя;
```

Вы даже можете опустить имя схемы, в этом случае именем схемы станет имя пользователя. Как это можно применять, описано в Подразделе 5.9.6.

Схемы с именами, начинающимися с `pg_`, являются системными; пользователям не разрешено использовать такие имена.

5.9.2. Схема public

До этого мы создавали таблицы, не указывая никакие имена схем. По умолчанию такие таблицы (и другие объекты) автоматически помещаются в схему «public». Она содержится во всех создаваемых базах данных. Таким образом, команда:

```
CREATE TABLE products ( ... );
```

эквивалентна:

```
CREATE TABLE public.products ( ... );
```

5.9.3. Путь поиска схемы

Везде писать полные имена утомительно, и часто всё равно лучше не привязывать приложения к конкретной схеме. Поэтому к таблицам обычно обращаются по *неполному имени*, состоящему просто из имени таблицы. Система определяет, какая именно таблица подразумевается, используя *путь поиска*, который представляет собой список просматриваемых схем. Подразумеваемой таблицей считается первая подходящая таблица, найденная в схемах пути. Если подходящая таблица не найдена, возникает ошибка, даже если таблица с таким именем есть в других схемах базы данных.

Возможность создавать одноимённые объекты в разных схемах усложняет написание запросов, которые должны всегда обращаться к конкретным объектам. Это также потенциально позволяет пользователям влиять на поведение запросов других пользователей, злонамеренно или случайно. Ввиду преобладания неполных имён в запросах и их использования внутри PostgreSQL, добавить схему в `search_path` — по сути значит доверять всем пользователям, имеющим право `CREATE` в этой схеме. Когда вы выполняете обычный запрос, злонамеренный пользователь может создать объекты в схеме, включённой в ваш путь поиска, и таким образом перехватывать управление и выполнять произвольные функции SQL как если бы их выполняли вы.

Первая схема в пути поиска называется текущей. Эта схема будет использоваться не только при поиске, но и при создании объектов — она будет включать таблицы, созданные командой `CREATE TABLE` без указания схемы.

Чтобы узнать текущий тип поиска, выполните следующую команду:

```
SHOW search_path;
```

В конфигурации по умолчанию она возвращает:

```
 search_path
--------------
 "$user", public
```

Первый элемент ссылается на схему с именем текущего пользователя. Если такой схемы не существует, ссылка на неё игнорируется. Второй элемент ссылается на схему public, которую мы уже видели.

Первая существующая схема в пути поиска также считается схемой по умолчанию для новых объектов. Именно поэтому по умолчанию объекты создаются в схеме public. При указании неполной ссылки на объект в любом контексте (при модификации таблиц, изменении данных или в запросах) система просматривает путь поиска, пока не найдёт соответствующий объект. Таким образом, в конфигурации по умолчанию неполные имена могут относиться только к объектам в схеме public.

Чтобы добавить в путь нашу новую схему, мы выполняем:

```
SET search_path TO myschema,public;
```

(Мы опускаем компонент `$user`, так как здесь в нём нет необходимости.) Теперь мы можем обращаться к таблице без указания схемы:

```
DROP TABLE mytable;
```

И так как `myschema` — первый элемент в пути, новые объекты будут по умолчанию создаваться в этой схеме.

Мы можем также написать:

```
SET search_path TO myschema;
```

Тогда мы больше не сможем обращаться к схеме public, не написав полное имя объекта. Единственное, что отличает схему public от других, это то, что она существует по умолчанию, хотя её так же можно удалить.

В Разделе 9.26 вы узнаете, как ещё можно манипулировать путём поиска схем.

Как и для имён таблиц, путь поиска аналогично работает для имён типов данных, имён функций и имён операторов. Имена типов данных и функций можно записать в полном виде так же, как и имена таблиц. Если же вам нужно использовать в выражении полное имя оператора, для этого есть специальный способ — вы должны написать:

```
OPERATOR(схема.оператор)
```

Такая запись необходима для избежания синтаксической неоднозначности. Пример такого выражения:

```
SELECT 3 OPERATOR(pg_catalog.+) 4;
```

На практике пользователи часто полагаются на путь поиска, чтобы не приходилось писать такие замысловатые конструкции.

5.9.4. Схемы и права

По умолчанию пользователь не может обращаться к объектам в чужих схемах. Чтобы изменить это, владелец схемы должен дать пользователю право `USAGE` для данной схемы. Чтобы пользователи могли использовать объекты схемы, может понадобиться назначить дополнительные права на уровне объектов.

Пользователю также можно разрешить создавать объекты в схеме, не принадлежащей ему. Для этого ему нужно дать право `CREATE` в требуемой схеме. Заметьте, что по умолчанию все имеют права `CREATE` и `USAGE` в схеме `public`. Благодаря этому все пользователи могут подключаться к заданной базе данных и создавать объекты в её схеме `public`. Некоторые шаблоны использования требуют запретить это:

```
REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC;
```

(Первое слово «public» обозначает схему, а второе означает «каждый пользователь». В первом случае это идентификатор, а во втором — ключевое слово, поэтому они написаны в разном регистре; вспомните указания из Подраздела 4.1.1.)

5.9.5. Схема системного каталога

В дополнение к схеме `public` и схемам, создаваемым пользователями, любая база данных содержит схему `pg_catalog`, в которой находятся системные таблицы и все встроенные типы данных, функции и операторы. `pg_catalog` фактически всегда является частью пути поиска. Если даже эта схема не добавлена в путь явно, она неявно просматривается *до* всех схем, указанных в пути. Так обеспечивается доступность встроенных имён при любых условиях. Однако вы можете явным образом поместить `pg_catalog` в конец пути поиска, если вам нужно, чтобы пользовательские имена переопределяли встроенные.

Так как имена системных таблиц начинаются с `pg_`, такие имена лучше не использовать во избежание конфликта имён, возможного при появлении в будущем системной таблицы с тем же именем, что и ваша. (С путём поиска по умолчанию неполная ссылка будет воспринята как обращение к системной таблице.) Системные таблицы будут и дальше содержать в имени приставку `pg_`, так что они не будут конфликтовать с неполными именами пользовательских таблиц, если пользователи со своей стороны не будут использовать приставку `pg_`.

5.9.6. Шаблоны использования

Схемам можно найти множество применений. Для защиты от влияния недоверенных пользователей на поведение запросов других пользователей предлагается *шаблон безопасного использования схем*, но если этот шаблон не применяется в базе данных, пользователи, желающие безопасно выполнять в ней запросы, должны будут принимать защитные меры в начале каждого сеанса. В частности, они должны начинать каждый сеанс с присваивания пустого значения переменной search_path или каким-либо другим образом удалять из search_path схемы, доступные для записи обычным пользователям. С конфигурацией по умолчанию легко реализуются следующие шаблоны использования:

- Ограничить обычных пользователей личными схемами. Для реализации этого подхода выполните REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC и создайте для каждого пользователя схему с его именем. Как вы знаете, путь поиска по умолчанию начинается с имени $user, вместо которого подставляется имя пользователя. Таким образом, если у всех пользователей будет отдельная схема, они по умолчанию будут обращаться к собственным схемам. Применяя этот шаблон в базе, к которой уже могли подключаться недоверенные пользователи, проверьте, нет ли в схеме public объектов с такими же именами, как у объектов в схеме pg_catalog. Этот шаблон является шаблоном безопасного использования схем, только если никакой недоверенный пользователь не является владельцем базы данных и не имеет права CREATEROLE. В противном случае безопасное использование схем невозможно.

- Удалить схему public из пути поиска по умолчанию, изменив postgresql.conf или выполнив команду ALTER ROLE ALL SET search_path = "$user". При этом все по-прежнему смогут создавать объекты в общей схеме, но выбираться эти объекты будут только по полному имени, со схемой. Тогда как обращаться к таблицам по полному имени вполне допустимо, обращения к функциям в общей схеме всё же будут небезопасными или ненадёжными. Поэтому если вы создаёте функции или расширения в схеме public, применяйте первый шаблон. Если же нет, этот шаблон, как и первый, безопасен при условии, что никакой недоверенный пользователь не является владельцем базы данных и не имеет права CREATEROLE.
- Сохранить поведение по умолчанию. Все пользователи неявно обращаются к схеме public. Тем самым имитируется ситуация с полным отсутствием схем, что позволяет осуществить плавный переход из среды без схем. Однако данный шаблон ни в коем случае нельзя считать безопасным. Он подходит, только если в базе данных имеется всего один либо несколько доверяющих друг другу пользователей.

При любом подходе, устанавливая совместно используемые приложения (таблицы, которые нужны всем, дополнительные функции сторонних разработчиков и т. д.), помещайте их в отдельные схемы. Не забудьте дать другим пользователям права для доступа к этим схемам. Тогда пользователи смогут обращаться к этим дополнительным объектам по полному имени или при желании добавят эти схемы в свои пути поиска.

5.9.7. Переносимость

Стандарт SQL не поддерживает обращение в одной схеме к разным объектам, принадлежащим разным пользователям. Более того, в ряде реализаций СУБД нельзя создавать схемы с именем, отличным от имени владельца. На практике, в СУБД, реализующих только базовую поддержку схем согласно стандарту, концепции пользователя и схемы очень близки. Таким образом, многие пользователи полагают, что полное имя на самом деле образуется как *имя_пользователя.имя_таблицы*. И именно так будет вести себя PostgreSQL, если вы создадите схемы для каждого пользователя.

В стандарте SQL нет и понятия схемы public. Для максимального соответствия стандарту использовать схему public не следует.

Конечно, есть СУБД, в которых вообще не реализованы схемы или пространства имён поддерживают (возможно, с ограничениями) обращения к другим базам данных. Если вам потребуется работать с этими системами, максимальной переносимости вы достигнете, вообще не используя схемы.

5.10. Наследование

PostgreSQL реализует наследование таблиц, что может быть полезно для проектировщиков баз данных. (Стандарт SQL:1999 и более поздние версии определяют возможность наследования типов, но это во многом отличается от того, что описано здесь.)

Давайте начнём со следующего примера: предположим, что мы создаём модель данных для городов. В каждом штате есть множество городов, но лишь одна столица. Мы хотим иметь возможность быстро получать город-столицу для любого штата. Это можно сделать, создав две таблицы: одну для столиц штатов, а другую для городов, не являющихся столицами. Однако что делать, если нам нужно получить информацию о любом городе, будь то столица штата или нет? В решении этой проблемы может помочь наследование. Мы определим таблицу `capitals` как наследника `cities`:

```
CREATE TABLE cities (
    name            text,
    population      float,
    elevation       int     -- в футах
);

CREATE TABLE capitals (
    state           char(2)
) INHERITS (cities);
```

В этом случае таблица `capitals` *наследует* все столбцы своей родительской таблицы, `cities`. Столицы штатов также имеют дополнительный столбец `state`, в котором будет указан штат.

В PostgreSQL таблица может наследоваться от нуля или нескольких других таблиц, а запросы могут выбирать все строки родительской таблицы или все строки родительской и всех дочерних таблиц. По умолчанию принят последний вариант. Например, следующий запрос найдёт названия всех городов, включая столицы штатов, расположенных выше 500 футов:

```
SELECT name, elevation
    FROM cities
    WHERE elevation > 500;
```

Для данных из введения (см. Раздел 2.1) он выдаст:

```
   name    | elevation
-----------+-----------
 Las Vegas |      2174
 Mariposa  |      1953
 Madison   |       845
```

А следующий запрос находит все города, которые не являются столицами штатов, но также находятся на высоте выше 500 футов:

```
SELECT name, elevation
    FROM ONLY cities
    WHERE elevation > 500;

   name    | elevation
-----------+-----------
 Las Vegas |      2174
 Mariposa  |      1953
```

Здесь ключевое слово `ONLY` указывает, что запрос должен применяться только к таблице `cities`, но не к таблицам, расположенным ниже `cities` в иерархии наследования. Многие операторы, которые мы уже обсудили, — `SELECT`, `UPDATE` и `DELETE` — поддерживают ключевое слово `ONLY`.

Вы также можете добавить после имени таблицы `*`, чтобы явно указать, что должны включаться и дочерние таблицы:

```
SELECT name, elevation
    FROM cities*
    WHERE elevation > 500;
```

Указывать `*` не обязательно, так как теперь это поведение всегда подразумевается по умолчанию. Однако такая запись всё ещё поддерживается для совместимости со старыми версиями, где поведение по умолчанию могло быть изменено.

В некоторых ситуациях бывает необходимо узнать, из какой таблицы выбрана конкретная строка. Для этого вы можете воспользоваться системным столбцом `tableoid`, присутствующим в каждой таблице:

```
SELECT c.tableoid, c.name, c.elevation
FROM cities c
WHERE c.elevation > 500;
```

этот запрос выдаст:

```
 tableoid |   name    | elevation
----------+-----------+-----------
   139793 | Las Vegas |      2174
   139793 | Mariposa  |      1953
   139798 | Madison   |       845
```

(Если вы попытаетесь выполнить его у себя, скорее всего вы получите другие значения OID.) Собственно имена таблиц вы можете получить, обратившись к `pg_class`:

```
SELECT p.relname, c.name, c.elevation
FROM cities c, pg_class p
WHERE c.elevation > 500 AND c.tableoid = p.oid;
```

в результате вы получите:

```
 relname  |   name    | elevation
----------+-----------+-----------
 cities   | Las Vegas |      2174
 cities   | Mariposa  |      1953
 capitals | Madison   |       845
```

Тот же эффект можно получить другим способом, используя альтернативный тип `regclass`; при этом OID таблицы выводится в символьном виде:

```
SELECT c.tableoid::regclass, c.name, c.elevation
FROM cities c
WHERE c.elevation > 500;
```

Механизм наследования не способен автоматически распределять данные команд `INSERT` или `COPY` по таблицам в иерархии наследования. Поэтому в нашем примере этот оператор `INSERT` не выполнится:

```
INSERT INTO cities (name, population, elevation, state)
VALUES ('Albany', NULL, NULL, 'NY');
```

Мы могли надеяться на то, что данные каким-то образом попадут в таблицу `capitals`, но этого не происходит: `INSERT` всегда вставляет данные непосредственно в указанную таблицу. В некоторых случаях добавляемые данные можно перенаправлять, используя правила (см. Главу 40). Однако в нашем случае это не поможет, так как таблица `cities` не содержит столбца `state` и команда будет отвергнута до применения правила.

Дочерние таблицы автоматически наследуют от родительской таблицы ограничения-проверки и ограничения NOT NULL (если только для них не задано явно `NO INHERIT`). Все остальные ограничения (уникальности, первичный ключ и внешние ключи) не наследуются.

Таблица может наследоваться от нескольких родительских таблиц, в этом случае она будет объединять в себе все столбцы этих таблиц, а также столбцы, описанные непосредственно в её определении. Если в определениях родительских и дочерней таблиц встретятся столбцы с одним именем, эти столбцы будут «объединены», так что в дочерней таблице окажется только один столбец. Чтобы такое объединение было возможно, столбцы должны иметь одинаковый тип данных, в противном случае произойдёт ошибка. Наследуемые ограничения-проверки и ограничения NOT NULL объединяются подобным образом. Так, например, объединяемый столбец получит свойство NOT

NULL, если какое-либо из порождающих его определений имеет свойство NOT NULL. Ограничения-проверки объединяются, если они имеют одинаковые имена; но если их условия различаются, происходит ошибка.

Отношение наследования между таблицами обычно устанавливается при создании дочерней таблицы с использованием предложения INHERITS оператора CREATE TABLE. Другой способ добавить такое отношение для таблицы, определённой подходящим образом, — использовать INHERIT с оператором ALTER TABLE. Для этого будущая дочерняя таблица должна уже включать те же столбцы (с совпадающими именами и типами), что и родительская таблица. Также она должна включать аналогичные ограничения-проверки (с теми же именами и выражениями). Удалить отношение наследования можно с помощью указания NO INHERIT оператора ALTER TABLE. Динамическое добавление и удаление отношений наследования может быть полезно при реализации секционирования таблиц (см. Раздел 5.11).

Для создания таблицы, которая затем может стать наследником другой, удобно воспользоваться предложением LIKE оператора CREATE TABLE. Такая команда создаст новую таблицу с теми же столбцами, что имеются в исходной. Если в исходной таблицы определены ограничения CHECK, для создания полностью совместимой таблицы их тоже нужно скопировать, и это можно сделать, добавив к предложению LIKE параметр INCLUDING CONSTRAINTS.

Родительскую таблицу нельзя удалить, пока существуют унаследованные от неё. При этом в дочерних таблицах нельзя удалять или модифицировать столбцы или ограничения-проверки, унаследованные от родительских таблиц. Если вы хотите удалить таблицу вместе со всеми её потомками, это легко сделать, добавив в команду удаления родительской таблицы параметр CASCADE (см. Раздел 5.14).

При изменениях определений и ограничений столбцов команда ALTER TABLE распространяет эти изменения вниз в иерархии наследования. Однако удалить столбцы, унаследованные дочерними таблицами, можно только с помощью параметра CASCADE. При создании отношений наследования команда ALTER TABLE следует тем же правилам объединения дублирующихся столбцов, что и CREATE TABLE.

В запросах с наследуемыми таблицами проверка прав доступа выполняется только в родительской таблице. Так, например, наличие разрешения UPDATE для таблицы cities подразумевает право на изменение строк также в таблице capitals, когда к ним происходит обращение через таблицу cities. Это сохраняет видимость того, что эти данные (также) находятся в родительской таблице. Но изменить таблицу capitals напрямую без дополнительного разрешения нельзя. Подобным образом, политики защиты на уровне строк (см. Раздел 5.8) для родительской таблицы применяются к строкам, получаемым из дочерних таблиц при выполнении запроса с наследованием. Политики же дочерних таблиц, если они определены, действуют только когда такие таблицы явно задействуются в запросе; в этом случае все политики, связанные с родительскими таблицами, игнорируются.

Сторонние таблицы (см. Раздел 5.12) могут также входить в иерархию наследования как родительские или дочерние таблицы, так же, как и обычные. Если в иерархию наследования входит сторонняя таблица, все операции, не поддерживаемые ей, не будут поддерживаться иерархией в целом.

5.10.1. Ограничения

Заметьте, что не все SQL-команды могут работать с иерархиями наследования. Команды, выполняющие выборку данных, изменение данных или модификацию схемы (например SELECT, UPDATE, DELETE, большинство вариантов ALTER TABLE, но не INSERT и ALTER TABLE ... RENAME), обычно по умолчанию обрабатывают данные дочерних таблиц и могут исключать их, если поддерживают указание ONLY. Команды для обслуживания и настройки базы данных (например REINDEX и VACUUM) обычно работают только с отдельными физическими таблицами и не поддерживают рекурсивную обработку отношений наследования. Соответствующее поведение каждой команды описано в её справке (Команды SQL).

Возможности наследования серьёзно ограничены тем, что индексы (включая ограничения уникальности) и ограничения внешних ключей относятся только к отдельным таблицам, но не к их потомкам. Это касается обеих сторон ограничений внешних ключей. Таким образом, применительно к нашему примеру:

- Если мы объявим `cities.name` с ограничением `UNIQUE` или `PRIMARY KEY`, это не помешает добавить в таблицу `capitals` строки с названиями городов, уже существующими в таблице `cities`. И эти дублирующиеся строки по умолчанию будут выводиться в результате запросов к `cities`. На деле таблица `capitals` по умолчанию вообще не будет содержать ограничение уникальности, так что в ней могут оказаться несколько строк с одним названием. Хотя вы можете добавить в `capitals` соответствующее ограничение, но это не предотвратит дублирование при объединении с `cities`.
- Подобным образом, если мы укажем, что `cities.name` ссылается (`REFERENCES`) на какую-то другую таблицу, это ограничение не будет автоматически распространено на `capitals`. В этом случае решением может стать явное добавление такого же ограничения `REFERENCES` в таблицу `capitals`.
- Если вы сделаете, чтобы столбец другой таблицы ссылался на `cities(name)`, в этом столбце можно будет указывать только названия городов, но не столиц. В этом случае хорошего решения нет.

Некоторая функциональность, не реализованная для иерархий наследования, реализована для декларативного секционирования. Поэтому обязательно взвесьте все за и против, прежде чем применять в своих приложениях секционирование с использованием устаревшего наследования.

5.11. Секционирование таблиц

PostgreSQL поддерживает простое секционирование таблиц. В этом разделе описывается, как и почему бывает полезно применять секционирование при проектировании баз данных.

5.11.1. Обзор

Секционированием называется разбиение данных, логически являющихся одной большой таблицей, на более мелкие физические части (секции). Секционирование может принести следующую пользу:

- В определённых ситуациях оно кардинально увеличивает быстродействие, особенно когда большой процент часто запрашиваемых строк таблицы относится к одной или лишь нескольким секциям. Секционирование по сути заменяет верхние уровни деревьев индексов, что увеличивает вероятность нахождения наиболее востребованных частей индексов в памяти.
- Когда в выборке или изменении данных задействована большая часть одной секции, производительность может возрасти, если будет выполняться последовательное сканирование этой секции, а не поиск по индексу, сопровождаемый произвольным чтением данных, разбросанных по всей таблице.
- Массовую загрузку и удаление данных можно осуществлять, добавляя и удаляя секции, если такой вариант использования был предусмотрен при проектировании секций. Удаление отдельной секции командой `DROP TABLE` и действие `ALTER TABLE DETACH PARTITION` выполняются гораздо быстрее, чем аналогичная массовая операция. Эти команды полностью исключают накладные расходы, связанные с выполнением `VACUUM` после массовой операции `DELETE`.
- Редко используемые данные можно перенести на более дешёвые и медленные носители.

Всё это обычно полезно только для очень больших таблиц. Какие именно таблицы выиграют от секционирования, зависит от конкретного приложения, хотя, как правило, это следует применять для таблиц, размер которых превышает объём ОЗУ сервера.

PostgreSQL предлагает поддержку следующих видов секционирования:

Секционирование по диапазонам

Таблица секционируется по «диапазонам», определённым по ключевому столбцу или набору столбцов, и не пересекающимся друг с другом. Например, можно секционировать данные по диапазонам дат или по диапазонам идентификаторов определённых бизнес-объектов. Границы каждого диапазона считаются включающими нижнее значение и исключающими верхнее. Например, если для первой секции задан диапазон значений от `1` до `10`, а для второй — от `10` до `20`, значение `10` относится ко второй секции, а не к первой.

Секционирование по списку

Таблица секционируется с помощью списка, явно указывающего, какие значения ключа должны относиться к каждой секции.

Секционирование по хешу

Таблица секционируется по определённым модулям и остаткам, которые указываются для каждой секции. Каждая секция содержит строки, для которых хеш-значение ключа секционирования, делённое на модуль, равняется заданному остатку.

Если вашему приложению требуются другие формы секционирования, можно также прибегнуть к альтернативным реализациям, с использованием наследования и представлений с `UNION ALL`. Такие подходы дают гибкость, но не дают такого выигрыша в производительности, как встроенное декларативное секционирование.

5.11.2. Декларативное секционирование

PostgreSQL позволяет декларировать, что некоторая таблица разделяется на секции. Разделённая на секции таблица называется *секционированной таблицей*. Декларация секционирования состоит из описанного выше определения *метода секционирования* и списка столбцов или выражений, образующих *ключ секционирования*.

Сама секционированная таблица является «виртуальной» и как таковая не хранится. Хранилище используется её *секциями*, которые являются обычными таблицами, связанными с секционированной. В каждой секции хранится подмножество данных таблицы, определяемое её *границами секции*. Все строки, вставляемые в секционированную таблицу, перенаправляются в соответствующие секции в зависимости от значений столбцов ключа секционирования. Если при изменении значений ключа секционирования в строке она перестаёт удовлетворять ограничениям исходной секции, эта строка перемещается в другую секцию.

Сами секции могут представлять собой секционированные таблицы, таким образом реализуется *вложенное секционирование*. Хотя все секции должны иметь те же столбцы, что и секционированная родительская таблица, в каждой секции независимо от других могут быть определены свои индексы, ограничения и значения по умолчанию. Подробнее о создании секционированных таблиц и секций рассказывается в описании CREATE TABLE.

Преобразовать обычную таблицу в секционированную и наоборот нельзя. Однако в секционированную таблицу можно добавить в качестве секции существующую обычную или секционированную таблицу, а также можно удалить секцию из секционированной таблицы и превратить её в отдельную таблицу; это может ускорить многие процессы обслуживания. Обратитесь к описанию ALTER TABLE, чтобы узнать больше о подкомандах `ATTACH PARTITION` и `DETACH PARTITION`.

Секции также могут быть сторонними таблицами, но учтите, что именно пользователь ответственен за соответствие содержимого сторонней таблицы правилу секционирования, это не контролируется автоматически. Также существуют и некоторые другие ограничения. За подробностями обратитесь к описанию CREATE FOREIGN TABLE.

5.11.2.1. Пример

Предположим, что мы создаём базу данных для большой компании, торгующей мороженым. Компания учитывает максимальную температуру и продажи мороженого каждый день в разрезе регионов. По сути нам нужна следующая таблица:

```
CREATE TABLE measurement (
    city_id         int not null,
    logdate         date not null,
    peaktemp        int,
```

```
    unitsales       int
);
```

Мы знаем, что большинство запросов будут работать только с данными за последнюю неделю, месяц или квартал, так как в основном эта таблица нужна для формирования текущих отчётов для руководства. Чтобы сократить объём хранящихся старых данных, мы решили оставлять данные только за 3 последних года. Ненужные данные мы будем удалять в начале каждого месяца. В этой ситуации мы можем использовать секционирование для удовлетворения всех наших требований к таблице показателей.

Чтобы использовать декларативное секционирование в этом случае, выполните следующее:

1. Создайте таблицу `measurement` как секционированную таблицу с предложением `PARTITION BY`, указав метод секционирования (в нашем случае `RANGE`) и список столбцов, которые будут образовывать ключ секционирования.

   ```
   CREATE TABLE measurement (
       city_id         int not null,
       logdate         date not null,
       peaktemp        int,
       unitsales       int
   ) PARTITION BY RANGE (logdate);
   ```

2. Создайте секции. В определении каждой секции должны задаваться границы, соответствующие методу и ключу секционирования родительской таблицы. Заметьте, что указание границ, при котором множество значений новой секции пересекается со множеством значений в одной или нескольких существующих секциях, будет ошибочным.

   Секции, создаваемые таким образом, во всех отношениях являются обычными таблицами PostgreSQL (или, возможно, сторонними таблицами). В частности, для каждой секции можно независимо задать табличное пространство и параметры хранения.

   В нашем примере каждая секция должна содержать данные за один месяц, чтобы данные можно было удалять по месяцам согласно требованиям. Таким образом, нужные команды будут выглядеть так:

   ```
   CREATE TABLE measurement_y2006m02 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2006-02-01') TO ('2006-03-01');

   CREATE TABLE measurement_y2006m03 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2006-03-01') TO ('2006-04-01');

   ...
   CREATE TABLE measurement_y2007m11 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2007-11-01') TO ('2007-12-01');

   CREATE TABLE measurement_y2007m12 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2007-12-01') TO ('2008-01-01')
       TABLESPACE fasttablespace;

   CREATE TABLE measurement_y2008m01 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2008-01-01') TO ('2008-02-01')
       WITH (parallel_workers = 4)
       TABLESPACE fasttablespace;
   ```

   (Как говорилось ранее, границы соседних секций могут определяться одинаковыми значениями, так как верхние границы не включаются в диапазон.)

   Если вы хотите реализовать вложенное секционирование, дополнительно укажите предложение `PARTITION BY` в командах, создающих отдельные секции, например:

   ```
   CREATE TABLE measurement_y2006m02 PARTITION OF measurement
       FOR VALUES FROM ('2006-02-01') TO ('2006-03-01')
   ```

```
    PARTITION BY RANGE (peaktemp);
```

Когда будут созданы секции `measurement_y2006m02`, данные, добавляемые в `measurement` и попадающие в `measurement_y2006m02` (или данные, которые могут добавляться непосредственно в `measurement_y2006m02` при условии соблюдения ограничения данной секции) будут затем перенаправлены в одну из вложенных секций в зависимости от значения столбца `peaktemp`. Указанный ключ секционирования может пересекаться с ключом секционирования родителя, хотя определять границы вложенной секции нужно осмотрительно, чтобы множество данных, которое она принимает, входило во множество, допускаемое собственными границами секции; система не пытается контролировать это сама.

При добавлении в родительскую таблицу данных, которые не соответствуют ни одной из существующих секций, произойдёт ошибка; подходящую секцию нужно создавать вручную.

Создавать в таблицах ограничения с условиями, задающими границы секций, вручную не требуется. Такие ограничения будут созданы автоматически.

3. Создайте в секционируемой таблице индекс по ключевому столбцу (или столбцам), а также любые другие индексы, которые могут понадобиться. (Индекс по ключу, строго говоря, создавать не обязательно, но в большинстве случаев он будет полезен.) При этом автоматически будет создан соответствующий индекс в каждой секции и все секции, которые вы будете создавать или присоединять позднее, тоже будут содержать такой индекс. Индексы или ограничения уникальности, созданные в секционированной таблице, являются «виртуальными», как и сама секционированная таблица: фактически данные находятся в дочерних индексах отдельных таблиц-секций.

```
CREATE INDEX ON measurement (logdate);
```

4. Убедитесь в том, что параметр конфигурации enable_partition_pruning не выключен в `postgresql.conf`. Иначе запросы не будут оптимизироваться должным образом.

В данном примере нам потребуется создавать секцию каждый месяц, так что было бы разумно написать скрипт, который бы формировал требуемый код DDL автоматически.

5.11.2.2. Обслуживание секций

Обычно набор секций, образованный изначально при создании таблиц, не предполагается сохранять неизменным. Чаще наоборот, планируется удалять секции со старыми данными и периодически добавлять секции с новыми. Одно из наиболее важных преимуществ секционирования состоит именно в том, что оно позволяет практически моментально выполнять трудоёмкие операции, изменяя структуру секций, а не физически перемещая большие объёмы данных.

Самый лёгкий способ удалить старые данные — просто удалить секцию, ставшую ненужной:

```
DROP TABLE measurement_y2006m02;
```

Так можно удалить миллионы записей гораздо быстрее, чем удалять их по одной. Заметьте, однако, что приведённая выше команда требует установления блокировки `ACCESS EXCLUSIVE`.

Ещё один часто более предпочтительный вариант — убрать секцию из главной таблицы, но сохранить возможность обращаться к ней как к самостоятельной таблице:

```
ALTER TABLE measurement DETACH PARTITION measurement_y2006m02;
```

При этом можно будет продолжать работать с данными, пока таблица не будет удалена. Например, в этом состоянии очень кстати будет сделать резервную копию данных, используя `COPY`, pg_dump или подобные средства. Возможно, эти данные также можно будет агрегировать, перевести в компактный формат, выполнить другую обработку или построить отчёты.

Аналогичным образом можно добавлять новую секцию с данными. Мы можем создать пустую секцию в главной таблице так же, как мы создавали секции в исходном состоянии до этого:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02 PARTITION OF measurement
    FOR VALUES FROM ('2008-02-01') TO ('2008-03-01')
    TABLESPACE fasttablespace;
```

А иногда удобнее создать новую таблицу вне структуры секций и сделать её полноценной секцией позже. При таком подходе новые данные можно будет загрузить, проверить и преобразовать до того, как они появятся в секционированной таблице. Обойтись без кропотливого воспроизведения определения родительской таблицы можно, воспользовавшись функциональностью `CREATE TABLE ... LIKE`:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02
  (LIKE measurement INCLUDING DEFAULTS INCLUDING CONSTRAINTS)
  TABLESPACE fasttablespace;

ALTER TABLE measurement_y2008m02 ADD CONSTRAINT y2008m02
   CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' );

\copy measurement_y2008m02 from 'measurement_y2008m02'
-- possibly some other data preparation work

ALTER TABLE measurement ATTACH PARTITION measurement_y2008m02
    FOR VALUES FROM ('2008-02-01') TO ('2008-03-01' );
```

Команда `ATTACH PARTITION` требует блокировки `SHARE UPDATE EXCLUSIVE` для секционированной таблицы.

Прежде чем выполнять команду `ATTACH PARTITION`, рекомендуется создать ограничение `CHECK` в присоединяемой таблице, соответствующее ожидаемому ограничению секции, как показано выше. Благодаря этому система сможет обойтись без сканирования, необходимого для проверки неявного ограничения секции. Без этого ограничения `CHECK` нужно будет просканировать и убедиться в выполнении ограничения секции, удерживая блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` в этой секции. После выполнения команды `ATTACH PARTITION` рекомендуется удалить ограничение `CHECK`, поскольку оно больше не нужно. Если присоединяемая таблица также является секционированной таблицей, то каждая из её секций будет рекурсивно блокироваться и сканироваться до тех пор, пока не встретится подходящее ограничение `CHECK` или не будут достигнуты конечные разделы.

Точно так же, если в секционированной таблице есть секция `DEFAULT`, рекомендуется создать ограничение `CHECK`, которое исключает ограничение секции, подлежащей присоединению. Если этого не сделать, то секция `DEFAULT` будет просканирована, чтобы убедиться, что она не содержит записей, которые должны быть расположены в присоединяемой секции. Эта операция будет выполняться при удержании блокировки `ACCESS EXCLUSIVE` на секции `DEFAULT`. Если секция `DEFAULT` сама является секционированной таблицей, то каждая из её секций будет рекурсивно проверяться таким же образом, как и присоединяемая таблица, как упоминалось выше.

Как говорилось выше, в секционированных таблицах можно создавать индексы так, чтобы они применялись автоматически ко всей иерархии. Это очень удобно, так как индексироваться будут не только все существующие секции, но и любые секции, создаваемые в будущем. Но есть одно ограничение — такой секционированный индекс нельзя создать в неблокирующем режиме (с указанием `CONCURRENTLY`). Чтобы избежать блокировки на долгое время, для создания индекса в самой секционированной таблице можно использовать команду `CREATE INDEX ON ONLY`; такой индекс будет помечен как нерабочий, и он не будет автоматически применён к секциям. Индексы собственно в секциях можно создать в индивидуальном порядке с указанием `CONCURRENTLY`, а затем *присоединить* их к индексу-родителю, используя команду `ALTER INDEX .. ATTACH PARTITION`. После того как индексы всех секций будут присоединены к родительскому, последний автоматически перейдёт в рабочее состояние. Например:

```
CREATE INDEX measurement_usls_idx ON ONLY measurement (unitsales);

CREATE INDEX CONCURRENTLY measurement_usls_200602_idx
    ON measurement_y2006m02 (unitsales);
ALTER INDEX measurement_usls_idx
    ATTACH PARTITION measurement_usls_200602_idx;
...
```

Этот приём можно применять и с ограничениями UNIQUE и PRIMARY KEY; для них индексы создаются неявно при создании ограничения. Например:

```
ALTER TABLE ONLY measurement ADD UNIQUE (city_id, logdate);

ALTER TABLE measurement_y2006m02 ADD UNIQUE (city_id, logdate);
ALTER INDEX measurement_city_id_logdate_key
    ATTACH PARTITION measurement_y2006m02_city_id_logdate_key;
...
```

5.11.2.3. Ограничения

С секционированными таблицами связаны следующие ограничения:

- Создать ограничение уникальности или первичного ключа для секционированной таблицы можно, только если ключи секций не включают никакие выражения или вызовы функций и в ограничение входят все столбцы ключа секционирования. Это условие объясняется тем, что отдельные индексы, образующие ограничение, могут непосредственно обеспечивать уникальность только в своих секциях. Поэтому сама структура секционирования должна гарантировать отсутствие дубликатов в разных секциях.
- Создать ограничение-исключение, охватывающее всю секционированную таблицу, нельзя; можно только поместить такое ограничение в каждую отдельную секцию с данными. И это также является следствием того, что установить ограничения, действующие между секциями, невозможно.
- Триггеры BEFORE ROW для INSERT не могут менять секцию, в которую в итоге попадёт новая строка.
- Смешивание временных и постоянных отношений в одном дереве секционирования не допускается. Таким образом, если секционированная таблица постоянная, такими же должны быть её секции; с временными таблицами аналогично. В случае с временными отношениями все таблицы дерева секционирования должны быть из одного сеанса.

На уровне реализации отдельные секции связываются с секционированной таблицей средствами наследования. Однако с декларативно секционированными таблицами или их секциями нельзя использовать некоторую общую функциональность наследования, как описано ниже. А именно, секция не может иметь никаких других родителей, кроме секционированной таблицы, к которой она относится, равно как и любая таблица не может наследоваться и от секционированной, и от обычной таблицы. Это означает, что секционированные таблицы и их секции не совмещаются в иерархии наследования с обычными таблицами.

Так как иерархия секционирования, образованная секционированной таблицей и её секциями, является одновременно и иерархией наследования, она содержит tableoid и на неё распространяются все обычные правила наследования, описанные в Разделе 5.10, с некоторыми исключениями:

- В секциях не может быть столбцов, отсутствующих в родительской таблице. Такие столбцы невозможно определить ни при создании секций командой CREATE TABLE, ни путём последующего добавления в секции командой ALTER TABLE. Таблицы могут быть подключены в качестве секций командой ALTER TABLE ... ATTACH PARTITION, только если их столбцы в точности соответствуют родительской таблице.
- Ограничения CHECK вместе с NOT NULL, определённые в секционированной таблице, всегда наследуются всеми её секциями. Ограничения CHECK с характеристикой NO INHERIT в секционированных таблицах создавать нельзя. Также нельзя удалить ограничение NOT NULL, заданное для столбца секции, если такое же ограничение существует в родительской таблице.
- Использование указания ONLY при добавлении или удалении ограничения только в секционированной таблице поддерживается, лишь когда в ней нет секций. При наличии секций попытка использования ONLY вызовет ошибку для любых ограничений, кроме UNIQUE и PRIMARY KEY. С другой стороны, ограничения можно добавлять или удалять непосредственно в секциях (если они отсутствуют в родительской таблице).

- Так как секционированная таблица сама по себе не содержит данные, использование TRUNCATE ONLY для секционированной таблицы всегда будет считаться ошибкой.

5.11.3. Секционирование с использованием наследования

Хотя встроенное декларативное секционирование полезно во многих часто возникающих ситуациях, бывают обстоятельства, требующие более гибкого подхода. В этом случае секционирование можно реализовать, применив механизм наследования таблиц, что даст ряд возможностей, неподдерживаемых при декларативном секционировании, например:

- При декларативном секционировании все секции должны иметь в точности тот же набор столбцов, что и секционируемая таблица, тогда как обычное наследование таблиц допускает наличие в дочерних таблицах дополнительных столбцов, отсутствующих в родителе.
- Механизм наследования таблиц поддерживает множественное наследование.
- С декларативным секционированием поддерживается только секционирование по спискам, по диапазонам и по хешу, тогда как с наследованием таблиц данные можно разделять по любому критерию, выбранному пользователем. (Однако заметьте, что если исключение по ограничению не позволяет эффективно устранять дочерние таблицы из планов запросов, производительность запросов будет очень низкой.)
- Для некоторых операций с декларативным секционированием требуется более сильная блокировка, чем с использованием наследования. Например, для удаления секций из секционированной таблицы требуется установить блокировку ACCESS EXCLUSIVE в родительской таблице, тогда как в случае с обычным наследованием достаточно блокировки SHARE UPDATE EXCLUSIVE.

5.11.3.1. Пример

В этом примере будет создана структура секционирования, равнозначная структуре из примера с декларативным секционированием. Выполните следующие действия:

1. Создайте «главную» таблицу, от которой будут наследоваться все «дочерние» таблицы. Главная таблица не будет содержать данные. Не определяйте в ней никакие ограничения-проверки, если только вы не намерены применить их во всех дочерних таблицах. Также не имеет смысла определять в ней какие-либо индексы или ограничения уникальности. В нашем примере главной таблицей будет measurement со своим изначальным определением:

```
CREATE TABLE measurement (
    city_id         int not null,
    logdate         date not null,
    peaktemp        int,
    unitsales       int
);
```

2. Создайте несколько «дочерних» таблиц, унаследовав их все от главной. Обычно в таких таблицах не будет никаких дополнительных столбцов, кроме унаследованных. Как и с декларативным секционированием, эти таблицы во всех отношениях будут обычными таблицами PostgreSQL (или сторонними таблицами).

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2006m03 () INHERITS (measurement);
...
CREATE TABLE measurement_y2007m11 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2007m12 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2008m01 () INHERITS (measurement);
```

3. Добавьте в дочерние таблицы неперекрывающиеся ограничения, определяющие допустимые значения ключей для каждой из них.

   Типичные примеры таких ограничений:

```
CHECK ( x = 1 )
CHECK ( county IN ( 'Oxfordshire', 'Buckinghamshire', 'Warwickshire' ))
CHECK ( outletID >= 100 AND outletID < 200 )
```

Убедитесь в том, что ограничения не пересекаются, то есть никакие значения ключа не относятся сразу к нескольким дочерним таблицам. Например, часто допускают такую ошибку в определении диапазонов:

```
CHECK ( outletID BETWEEN 100 AND 200 )
CHECK ( outletID BETWEEN 200 AND 300 )
```

Это не будет работать, так как неясно, к какой дочерней таблице должно относиться значение 200. Поэтому диапазоны должны определяться следующим образом:

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2006-02-01' AND logdate < DATE '2006-03-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2006m03 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2006-03-01' AND logdate < DATE '2006-04-01' )
) INHERITS (measurement);

...
CREATE TABLE measurement_y2007m11 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2007-11-01' AND logdate < DATE '2007-12-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2007m12 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2007-12-01' AND logdate < DATE '2008-01-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2008m01 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-01-01' AND logdate < DATE '2008-02-01' )
) INHERITS (measurement);
```

4. Для каждой дочерней таблицы создайте индекс по ключевому столбцу (или столбцам), а также любые другие индексы по своему усмотрению.

```
CREATE INDEX measurement_y2006m02_logdate ON measurement_y2006m02 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2006m03_logdate ON measurement_y2006m03 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2007m11_logdate ON measurement_y2007m11 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2007m12_logdate ON measurement_y2007m12 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2008m01_logdate ON measurement_y2008m01 (logdate);
```

5. Мы хотим, чтобы наше приложение могло сказать `INSERT INTO measurement ...` и данные оказались в соответствующей дочерней таблице. Мы можем добиться этого, добавив подходящую триггерную функцию в главную таблицу. Если данные всегда будут добавляться только в последнюю дочернюю таблицу, нам будет достаточно очень простой функции:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION measurement_insert_trigger()
RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
    INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);
    RETURN NULL;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;
```

После функции мы создадим вызывающий её триггер:

```
CREATE TRIGGER insert_measurement_trigger
    BEFORE INSERT ON measurement
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION measurement_insert_trigger();
```

Мы должны менять определение триггерной функции каждый месяц, чтобы она всегда вставляла данные в текущую дочернюю таблицу. Определение самого триггера, однако, менять не требуется.

Но мы можем также сделать, чтобы сервер автоматически находил дочернюю таблицу, в которую нужно направить добавляемую строку. Для этого нам потребуется более сложная триггерная функция:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION measurement_insert_trigger()
RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
    IF ( NEW.logdate >= DATE '2006-02-01' AND
         NEW.logdate < DATE '2006-03-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2006m02 VALUES (NEW.*);
    ELSIF ( NEW.logdate >= DATE '2006-03-01' AND
            NEW.logdate < DATE '2006-04-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2006m03 VALUES (NEW.*);
    ...
    ELSIF ( NEW.logdate >= DATE '2008-01-01' AND
            NEW.logdate < DATE '2008-02-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);
    ELSE
        RAISE EXCEPTION
  'Date out of range.  Fix the measurement_insert_trigger() function!';
    END IF;
    RETURN NULL;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;
```

Определение триггера остаётся прежним. Заметьте, что все условия `IF` должны в точности отражать ограничения `CHECK` соответствующих дочерних таблиц.

Хотя эта функция сложнее, чем вариант с одним текущим месяцем, её не придётся так часто модифицировать, так как ветви условий можно добавить заранее.

> ## Примечание
>
> На практике будет лучше сначала проверять условие для последней дочерней таблицы, если строки добавляются в неё чаще всего, но для простоты мы расположили проверки триггера в том же порядке, что и в других фрагментах кода для этого примера.

Другой способ перенаправления добавляемых строк в соответствующую дочернюю таблицу можно реализовать, определив для главной таблицы не триггер, а правила. Например:

```
CREATE RULE measurement_insert_y2006m02 AS
ON INSERT TO measurement WHERE
    ( logdate >= DATE '2006-02-01' AND logdate < DATE '2006-03-01' )
DO INSTEAD
    INSERT INTO measurement_y2006m02 VALUES (NEW.*);
...
CREATE RULE measurement_insert_y2008m01 AS
ON INSERT TO measurement WHERE
    ( logdate >= DATE '2008-01-01' AND logdate < DATE '2008-02-01' )
DO INSTEAD
    INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);
```

С правилами связано гораздо больше накладных расходов, чем с триггером, но они относятся к запросу в целом, а не к каждой строке. Поэтому этот способ может быть более выигрышным при массовом добавлении данных. Однако в большинстве случаев триггеры будут работать быстрее.

Учтите, что команда COPY игнорирует правила. Если вы хотите вставить данные с помощью COPY, вам придётся копировать их сразу в нужную дочернюю таблицу, а не в главную таблицу. С другой стороны, COPY не отменяет триггеры, так что с триггерами вы сможете использовать её обычным образом.

Ещё один недостаток подхода с правилами связан с невозможностью выдать ошибку, если добавляемая строка не подпадает ни под одно из правил; в этом случае данные просто попадут в главную таблицу.

6. Убедитесь в том, что параметр конфигурации constraint_exclusion не выключен в postgresql.conf. В противном случае дочерние таблицы могут сканироваться, когда это не требуется.

Как уже можно понять, для реализации сложной иерархии таблиц может потребоваться DDL-код значительного объёма. В данном примере нам потребуется создавать дочернюю таблицу каждый месяц, так что было бы разумно написать скрипт, формирующий требуемый код DDL автоматически.

5.11.3.2. Обслуживание таблиц, секционированных через наследование

Чтобы быстро удалить старые данные, просто удалите ставшую ненужной дочернюю таблицу:

```
DROP TABLE measurement_y2006m02;
```

Чтобы удалить дочернюю таблицу из иерархии наследования, но сохранить к ней доступ как к самостоятельной таблице:

```
ALTER TABLE measurement_y2006m02 NO INHERIT measurement;
```

Чтобы добавить новую дочернюю таблицу для новых данных, создайте пустую дочернюю таблицу так же, как до этого создавали начальные:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' )
) INHERITS (measurement);
```

Можно также создать новую таблицу и наполнить её данными до добавления в иерархию таблиц. Это позволит загрузить, проверить и при необходимости преобразовать данные до того, как запросы к главной таблице смогут их увидеть.

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02
  (LIKE measurement INCLUDING DEFAULTS INCLUDING CONSTRAINTS);
ALTER TABLE measurement_y2008m02 ADD CONSTRAINT y2008m02
   CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' );
\copy measurement_y2008m02 from 'measurement_y2008m02'
-- возможна дополнительная подготовка данных
ALTER TABLE measurement_y2008m02 INHERIT measurement;
```

5.11.3.3. Ограничения

С реализацией секционирования через наследование связаны следующие ограничения:

- Система не может проверить автоматически, являются ли все ограничения CHECK взаимно исключающими. Поэтому безопаснее будет написать и отладить код для формирования дочерних таблиц и создания и/или изменения связанных объектов, чем делать это вручную.
- Индексы и внешние ключи относятся к определённой таблице, но не к её иерархии наследования, поэтому с ними связаны дополнительные ограничения.
- Показанные здесь схемы подразумевают, что ключевой столбец (или столбцы) в строке никогда не меняется, или меняется не настолько, чтобы строку потребовалось перенести в другую секцию. Если же попытаться выполнить такой оператор UPDATE, произойдёт ошибка из-за нарушения ограничения CHECK. Если вам нужно обработать и такие случаи, вы можете установить подходящие триггеры на обновление в дочерних таблицах, но это ещё больше усложнит управление всей конструкцией.

- Если вы выполняете команды VACUUM или ANALYZE вручную, не забывайте, что их нужно запускать для каждой дочерней таблицы в отдельности. Команда

  ```
  ANALYZE measurement;
  ```

  обработает только главную таблицу.

- Операторы INSERT с предложениями ON CONFLICT скорее всего не будут работать ожидаемым образом, так как действие ON CONFLICT предпринимается только в случае нарушений уникальности в указанном целевом отношении, а не его дочерних отношениях.

- Для направления строк в нужные дочерние таблицы потребуются триггеры или правила, если только приложение не знает непосредственно о схеме секционирования. Разработать триггеры может быть довольно сложно, и они будут работать гораздо медленнее, чем внутреннее распределение кортежей при декларативном секционировании.

5.11.4. Отсечение секций

Отсечение секций — это приём оптимизации запросов, который ускоряет работу с декларативно секционированными таблицами. Например:

```
SET enable_partition_pruning = on;                 -- по умолчанию
SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
```

Без отсечения секций показанный запрос должен будет просканировать все секции таблицы measurement. Когда отсечение секций включено, планировщик рассматривает определение каждой секции и может заключить, что какую-либо секцию сканировать не нужно, так как в ней не может быть строк, удовлетворяющих предложению WHERE в запросе. Когда планировщик может сделать такой вывод, он исключает (*отсекает*) секцию из плана запроса.

Используя команду EXPLAIN и параметр конфигурации enable_partition_pruning, можно увидеть отличие плана, в котором были отсечены секции, от плана без отсечения. Типичный неоптимизированный план для такой конфигурации таблицы будет выглядеть так:

```
SET enable_partition_pruning = off;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
                                    QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------------------
 Aggregate  (cost=188.76..188.77 rows=1 width=8)
   ->  Append  (cost=0.00..181.05 rows=3085 width=0)
         ->  Seq Scan on measurement_y2006m02  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2006m03  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
...
         ->  Seq Scan on measurement_y2007m11  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2007m12  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
         ->  Seq Scan on measurement_y2008m01  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
               Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
```

В некоторых или всех секциях может применяться не полное последовательное сканирование, а сканирование по индексу, но основная идея примера в том, что для удовлетворения запроса не нужно сканировать старые секции. И когда мы включаем отсечение секций, мы получаем значительно более эффективный план, дающий тот же результат:

```
SET enable_partition_pruning = on;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
                                    QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------------------
 Aggregate  (cost=37.75..37.76 rows=1 width=8)
   ->  Seq Scan on measurement_y2008m01  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
```

```
        Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
```

Заметьте, что механизм отсечения секций учитывает только ограничения, определённые неявно ключами секционирования, но не наличие индексов. Поэтому определять индексы для столбцов ключа не обязательно. Нужно ли создавать индекс для определённой секции, зависит от того, какую часть секции (меньшую или большую), по вашим представлениям, будут сканировать запросы, обращающиеся к этой секции. Индекс будет полезен в первом случае, но не во втором.

Отсечение секций может производиться не только при планировании конкретного запроса, но и в процессе его выполнения. Благодаря этому может быть отсечено больше секций, когда условные выражения содержат значения, неизвестные во время планирования, например параметры, определённые оператором `PREPARE`, значения, получаемые из подзапросов, или параметризованные значения во внутренней стороне соединения с вложенным циклом. Отсечение секций в процессе выполнения запроса возможно в следующие моменты времени:

- Во время подготовки плана запроса. В этот момент можно отсечь секции, учитывая значения параметров, известные при подготовке выполнения запроса. Секции, отсечённые на этом этапе, не будут видны в выводе `EXPLAIN` или `EXPLAIN ANALYZE`. Их общее количество можно определить по свойству «Subplans Removed» в выводе `EXPLAIN`. Важно отметить, что секции, отсечённые на этом этапе, остаются заблокированными на момент начала выполнения запроса.
- В процессе собственно выполнения плана запроса. Отсечение секций также может выполняться на этом этапе и позволяет отфильтровать секции, используя значения, которые становятся известны, когда запрос выполняется фактически. В частности это могут быть значения из подзапросов и значения параметров времени выполнения, например из параметризованных соединений с вложенными циклами. Так как значения параметров могут меняться многократно при выполнении запроса, отсечение секций выполняется при изменении любого из параметров, анализируемых механизмом отсечения. Чтобы определить, были ли секции отсечены на данном этапе, нужно внимательно изучить свойство `loops` в выводе `EXPLAIN ANALYZE`. Подпланы, соответствующие разным секциям, могут иметь разные значения, в зависимости от того, сколько раз они отсекались во время выполнения. Некоторые из них могут даже иметь значение `(never executed)` (никогда не выполнялись), если они отсекались всегда.

Отсечение секций можно отключить, воспользовавшись параметром enable_partition_pruning.

Примечание

В настоящее время отсечение секций в процессе выполнения распространяется только на узлы типа `Append` и `MergeAppend`. Для узлов типа `ModifyTable` поддержка отсечения секций пока не реализована, но вполне возможно, что она появится в будущих версиях PostgreSQL.

5.11.5. Секционирование и исключение по ограничению

Исключение по ограничению — приём оптимизации запросов, подобный отсечению секций. Прежде всего он применяется, когда секционирование осуществляется с использованием старого метода наследования, но он может быть полезен и для других целей, включая декларативное секционирование.

Исключение по ограничению работает во многом так же, как и отсечение секций; отличие состоит в том, что оно использует ограничения `CHECK` всех таблиц (поэтому оно так и называется), тогда как для отсечения секций используются границы секции, которые существуют только в случае декларативного секционирования. Ещё одно различие состоит в том, что исключение по ограничению применяется только во время планирования; во время выполнения секции из плана удаляться не будут.

То, что исключение по ограничению использует ограничения `CHECK` (вследствие чего оно работает медленнее отсечения секций), иногда может быть и преимуществом. Ограничения могут быть определены даже для декларативно секционированных таблиц, в дополнение к внутренним границам секций, и тогда исключение по ограничению сможет дополнительно убрать некоторые секции из плана запроса.

По умолчанию параметр constraint_exclusion имеет значение не `on` и не `off`, а промежуточное (и рекомендуемое) значение `partition`, при котором этот приём будет применяться только к запросам, где предположительно будут задействованы таблицы, секционированные с использованием наследования. Значение `on` обязывает планировщик просматривать ограничения `CHECK` во всех запросах, даже в самых простых, где выигрыш от исключения по ограничению маловероятен.

Применяя исключения по ограничению, необходимо учитывать следующее:

- Исключение по ограничению применяется только при планировании запроса, в отличие от отсечения секций, которое может осуществляться и при выполнении запроса.
- Исключение по ограничению работает только когда предложение `WHERE` в запросе содержит константы (или получаемые извне параметры). Например, сравнение с непостоянной функцией, такой как `CURRENT_TIMESTAMP`, нельзя оптимизировать, так как планировщик не может знать, в какую дочернюю таблицу попадёт значение функции во время выполнения.
- Ограничения секций должны быть простыми, иначе планировщик не сможет вычислить, какие дочерние таблицы не нужно обрабатывать. Для секционирования по спискам используйте простые условия на равенства, а для секционирования по диапазонам — простые проверки диапазонов, подобные показанным в примерах. Рекомендуется создавать ограничения секций, содержащие только такие сравнения секционирующих столбцов с константами, в которых используются операторы, поддерживающие B-деревья. Это объясняется тем, что в ключе секционирования допускаются только такие столбцы, которые могут быть проиндексированы в B-дереве.
- При анализе для исключения по ограничению исследуются все ограничения всех дочерних таблиц, относящихся к главной, так что при большом их количестве время планирования запросов может значительно увеличиться. Поэтому устаревший вариант секционирования, основанный на наследовании, будет работать хорошо, пока количество дочерних таблиц не превышает примерно ста; не пытайтесь применять его с тысячами дочерних таблиц.

5.11.6. Рекомендации по декларативному секционированию

К секционированию таблицы следует подходить продуманно, так как неудачное решение может отрицательно повлиять на скорость планирования и выполнения запросов.

Одним из самых важных факторов является выбор столбца или столбцов, по которым будут секционироваться ваши данные. Часто оптимальным будет секционирование по столбцу или набору столбцов, которые практически всегда присутствуют в предложении `WHERE` в запросах, обращающихся к секционируемой таблице. Предложения `WHERE`, совместимые с ограничениями границ секции, могут применяться для устранения ненужных для выполнения запроса секций. Однако наличие ограничений `PRIMARY KEY` или `UNIQUE` может подтолкнуть к выбору и других столбцов в качестве секционирующих. Также при планировании секционирования следует продумать, как будут удаляться данные. Секцию целиком можно отсоединить очень быстро, поэтому может иметь смысл разработать стратегию секционирования так, чтобы массово удаляемые данные оказывались в одной секции.

Также важно правильно выбрать число секций, на которые будет разбиваться таблица. Если их будет недостаточно много, индексы останутся большими, не улучшится и локальность данных, вследствие чего процент попаданий в кеш окажется низким. Однако и при слишком большом количестве секций возможны проблемы. С большим количеством секций увеличивается время планирования и потребление памяти как при планировании, так и при выполнении запросов, о чём рассказывается далее. Выбирая стратегию секционирования таблицы, также важно учитывать, какие изменения могут произойти в будущем. Например если вы решите создавать отдельные секции для каждого клиента, и в данный момент у вас всего несколько больших клиентов, подумайте, что будет, если через несколько лет у вас будет много мелких клиентов. В этом случае может быть лучше произвести секционирование по хешу (`HASH`) и выбрать разумное количество секций, но не создавать секции по списку (`LIST`) в надежде, что количество клиентов не увеличится до такой степени, что секционирование данных окажется непрактичным.

Вложенное секционирование позволяет дополнительно разделить те секции, которые предположительно окажутся больше других. Также можно использовать секционирование по диапазонам с ключом, состоящим из нескольких столбцов. Но при любом из подходов легко может получиться слишком много секций, так что рекомендуется использовать их осмотрительно.

Важно учитывать издержки секционирования, которые отражаются на планировании и выполнении запросов. Планировщик запросов обычно довольно неплохо справляется с иерархиями, включающими до нескольких тысяч секций, если при выполнении типичных запросов ему удаётся отсечь почти все секции. Однако когда после отсечения остаётся большое количество секций, возрастает и время планирования запросов, и объём потребляемой памяти. В наибольшей степени это касается команд `UPDATE` и `DELETE`. Наличие большого количества секций нежелательно ещё и потому, что потребление памяти сервером может значительно возрастать со временем, особенно когда множество сеансов обращаются ко множеству секций. Это объясняется тем, что в локальную память каждого сеанса, который обращается к секциям, должны быть загружены метаданные всех этих секций.

С нагрузкой, присущей информационным хранилищам, может иметь смысл создавать больше секций, чем с нагрузкой OLTP. Как правило, в информационных хранилищах время планирования запроса второстепенно, так как гораздо больше времени тратится на выполнение запроса. Однако при любом типе нагрузки важно принимать правильные решения на ранней стадии реализации, так как процесс пересекционирования таблиц большого объёма может оказаться чрезвычайно длительным. Для оптимизации стратегии секционирования часто бывает полезно предварительно эмулировать ожидаемую нагрузку. Но ни в коем случае нельзя полагать, что чем больше секций, тем лучше, равно как и наоборот.

5.12. Сторонние данные

PostgreSQL частично реализует спецификацию SQL/MED, позволяя вам обращаться к данным, находящимся снаружи, используя обычные SQL-запросы. Такие данные называются *сторонними*.

Сторонние данные доступны в PostgreSQL через *обёртку сторонних данных*. Обёртка сторонних данных — это библиотека, взаимодействующая с внешним источником данных и скрывающая в себе внутренние особенности подключения и получения данных. Несколько готовых обёрток предоставляются в виде модулей `contrib` ; см. Приложение F. Также вы можете найти другие обёртки, выпускаемые как дополнительные продукты. Если ни одна из существующих обёрток вас не устраивает, вы можете написать свою собственную (см. Главу 56).

Чтобы обратиться к сторонним данным, вы должны создать объект *сторонний сервер*, в котором настраивается подключение к внешнему источнику данных, определяются параметры соответствующей обёртки сторонних данных. Затем вы должны создать одну или несколько *сторонних таблиц*, определив тем самым структуру внешних данных. Сторонние таблицы можно использовать в запросах так же, как и обычные, но их данные не хранятся на сервере PostgreSQL. При каждом запросе PostgreSQL обращается к обёртке сторонних данных, которая, в свою очередь, получает данные из внешнего источника или передаёт их ему (в случае команд INSERT или UPDATE).

При обращении к внешним данным удалённый источник может потребовать аутентификации клиента. Соответствующие учётные данные можно предоставить с помощью *сопоставлений пользователей*, позволяющих определить в частности имена и пароли, в зависимости от текущей роли пользователя PostgreSQL.

Дополнительную информацию вы найдёте в CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE SERVER, CREATE USER MAPPING, CREATE FOREIGN TABLE и IMPORT FOREIGN SCHEMA.

5.13. Другие объекты баз данных

Таблицы — центральные объекты в структуре реляционной базы данных, так как они содержат ваши данные. Но это не единственные объекты, которые могут в ней существовать. Помимо них вы можете создавать и использовать объекты и других типов, призванные сделать управление данными эффективнее и удобнее. Они не обсуждаются в этой главе, но мы просто перечислим некоторые из них, чтобы вы знали об их существовании:

- Представления
- Функции, процедуры и операторы
- Типы данных и домены
- Триггеры и правила перезаписи

Подробнее соответствующие темы освещаются в Части V.

5.14. Отслеживание зависимостей

Когда вы создаёте сложные структуры баз данных, включающие множество таблиц с внешними ключами, представлениями, триггерами, функциями и т. п., вы неявно создаёте сеть зависимостей между объектами. Например, таблица с ограничением внешнего ключа зависит от таблицы, на которую она ссылается.

Для сохранения целостности структуры всей базы данных, PostgreSQL не позволяет удалять объекты, от которых зависят другие. Например, попытка удалить таблицу products (мы рассматривали её в Подразделе 5.4.5), от которой зависит таблица orders, приведёт к ошибке примерно такого содержания:

```
DROP TABLE products;

ОШИБКА:  удалить объект "таблица products" нельзя, так как от него зависят другие
ПОДРОБНОСТИ:  ограничение orders_product_no_fkey в отношении "таблица orders" зависит
 от объекта "таблица products"
ПОДСКАЗКА:  Для удаления зависимых объектов используйте DROP ... CASCADE.
```

Сообщение об ошибке даёт полезную подсказку: если вы не хотите заниматься ликвидацией зависимостей по отдельности, можно выполнить:

```
DROP TABLE products CASCADE;
```

и все зависимые объекты, а также объекты, зависящие от них, будут удалены рекурсивно. В этом случае таблица orders останется, а удалено будет только её ограничение внешнего ключа. Удаление не распространится на другие объекты, так как ни один объект не зависит от этого ограничения. (Если вы хотите проверить, что произойдёт при выполнении `DROP ... CASCADE`, запустите `DROP` без `CASCADE` и прочитайте `ПОДРОБНОСТИ` (DETAIL).)

Почти все команды `DROP` в PostgreSQL поддерживают указание `CASCADE`. Конечно, вид возможных зависимостей зависит от типа объекта. Вы также можете написать `RESTRICT` вместо `CASCADE`, чтобы включить поведение по умолчанию, когда объект можно удалить, только если от него не зависят никакие другие.

Примечание

Стандарт SQL требует явного указания `RESTRICT` или `CASCADE` в команде `DROP`. Но это требование на самом деле не выполняется ни в одной СУБД, при этом одни системы по умолчанию подразумевают `RESTRICT`, а другие — `CASCADE`.

Если в команде `DROP` перечисляются несколько объектов, `CASCADE` требуется указывать, только когда есть зависимости вне заданной группы. Например, в команде `DROP TABLE tab1, tab2` при наличии внешнего ключа, ссылающегося на `tab1` из `tab2`, можно не указывать `CASCADE`, чтобы она выполнилась успешно.

Для пользовательских функций PostgreSQL отслеживает зависимости, связанные с внешне видимыми свойствами функции, такими как типы аргументов и результата, но *не* зависимости, которые могут быть выявлены только при анализе тела функции. В качестве примера рассмотрите следующий сценарий:

```
CREATE TYPE rainbow AS ENUM ('red', 'orange', 'yellow',
                             'green', 'blue', 'purple');

CREATE TABLE my_colors (color rainbow, note text);

CREATE FUNCTION get_color_note (rainbow) RETURNS text AS
  'SELECT note FROM my_colors WHERE color = $1'
  LANGUAGE SQL;
```

(Описание функций языка SQL можно найти в Разделе 37.5.) PostgreSQL будет понимать, что функция `get_color_note` зависит от типа `rainbow`: при удалении типа будет принудительно удалена функция, так как тип её аргумента оказывается неопределённым. Но PostgreSQL не будет учитывать зависимость `get_color_note` от таблицы `my_colors` и не удалит функцию при удалении таблицы. Но у этого подхода есть не только минус, но и плюс. В случае отсутствия таблицы эта функция останется рабочей в некотором смысле: хотя при попытке выполнить её возникнет ошибка, но при создании новой таблицы с тем же именем функция снова будет работать.

Глава 6. Модификация данных

В предыдущей главе мы обсуждали, как создавать таблицы и другие структуры для хранения данных. Теперь пришло время заполнить таблицы данными. В этой главе мы расскажем, как добавлять, изменять и удалять данные из таблиц. А из следующей главы вы наконец узнаете, как извлекать нужные вам данные из базы данных.

6.1. Добавление данных

Сразу после создания таблицы она не содержит никаких данных. Поэтому, чтобы она была полезна, в неё прежде всего нужно добавить данные. По сути данные добавляются в таблицу по одной строке. И хотя вы конечно можете добавить в таблицу несколько строк, добавить в неё меньше, чем строку, невозможно. Даже если вы указываете значения только некоторых столбцов, создаётся полная строка.

Чтобы создать строку, вы будете использовать команду INSERT. В этой команде необходимо указать имя таблицы и значения столбцов. Например, рассмотрим таблицу товаров из Главы 5:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric
);
```

Добавить в неё строку можно было бы так:

```
INSERT INTO products VALUES (1, 'Cheese', 9.99);
```

Значения данных перечисляются в порядке столбцов в таблице и разделяются запятыми. Обычно в качестве значений указываются константы, но это могут быть и скалярные выражения.

Показанная выше запись имеет один недостаток — вам необходимо знать порядок столбцов в таблице. Чтобы избежать этого, можно перечислить столбцы явно. Например, следующие две команды дадут тот же результат, что и показанная выше:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES (1, 'Cheese', 9.99);
INSERT INTO products (name, price, product_no) VALUES ('Cheese', 9.99, 1);
```

Многие считают, что лучше всегда явно указывать имена столбцов.

Если значения определяются не для всех столбцов, лишние столбцы можно опустить. В таком случае эти столбцы получат значения по умолчанию. Например:

```
INSERT INTO products (product_no, name) VALUES (1, 'Cheese');
INSERT INTO products VALUES (1, 'Cheese');
```

Вторая форма является расширением PostgreSQL. Она заполняет столбцы слева по числу переданных значений, а все остальные столбцы принимают значения по умолчанию.

Для ясности можно также явно указать значения по умолчанию для отдельных столбцов или всей строки:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES (1, 'Cheese', DEFAULT);
INSERT INTO products DEFAULT VALUES;
```

Одна команда может вставить сразу несколько строк:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES
    (1, 'Cheese', 9.99),
    (2, 'Bread', 1.99),
    (3, 'Milk', 2.99);
```

Также возможно вставить результат запроса (который может не содержать строк либо содержать одну или несколько):

```
INSERT INTO products (product_no, name, price)
  SELECT product_no, name, price FROM new_products
    WHERE release_date = 'today';
```

Это позволяет использовать все возможности механизма запросов SQL (см. Главу 7) для вычисления вставляемых строк.

> **Подсказка**
>
> Когда нужно добавить сразу множество строк, возможно будет лучше использовать команду COPY. Она не такая гибкая, как INSERT, но гораздо эффективнее. Дополнительно об ускорении массовой загрузки данных можно узнать в Разделе 14.4.

6.2. Изменение данных

Модификация данных, уже сохранённых в БД, называется изменением. Изменить можно все строки таблицы, либо подмножество всех строк, либо только избранные строки. Каждый столбец при этом можно изменять независимо от других.

Для изменения данных в существующих строках используется команда UPDATE. Ей требуется следующая информация:

1. Имя таблицы и изменяемого столбца
2. Новое значение столбца
3. Критерий отбора изменяемых строк

Если вы помните, в Главе 5 говорилось, что в SQL в принципе нет уникального идентификатора строк. Таким образом, не всегда возможно явно указать на строку, которую требуется изменить. Поэтому необходимо указать условия, каким должны соответствовать требуемая строка. Только если в таблице есть первичный ключ (вне зависимости от того, объявляли вы его или нет), можно однозначно адресовать отдельные строки, определив условие по первичному ключу. Этим пользуются графические инструменты для работы с базой данных, дающие возможность редактировать данные по строкам.

Например, следующая команда увеличивает цену всех товаров, имевших до этого цену 5, до 10:

```
UPDATE products SET price = 10 WHERE price = 5;
```

В результате может измениться ноль, одна или множество строк. И если этому запросу не будет удовлетворять ни одна строка, это не будет ошибкой.

Давайте рассмотрим эту команду подробнее. Она начинается с ключевого слова `UPDATE`, за которым идёт имя таблицы. Как обычно, имя таблицы может быть записано в полной форме, в противном случае она будет найдена по пути. Затем идёт ключевое слово `SET`, за которым следует имя столбца, знак равенства и новое значение столбца. Этим значением может быть любое скалярное выражение, а не только константа. Например, если вы захотите поднять цену всех товаров на 10%, это можно сделать так:

```
UPDATE products SET price = price * 1.10;
```

Как видно из этого примера, выражение нового значения может ссылаться на существующие значения столбцов в строке. Мы также опустили в нём предложение `WHERE`. Это означает, что будут изменены все строки в таблице. Если же это предложение присутствует, изменяются только строки, которые соответствуют условию `WHERE`. Заметьте, что хотя знак равенства в предложении `SET` обозначает операцию присваивания, а такой же знак в предложении `WHERE` используется для сравнения, это не приводит к неоднозначности. И конечно, в условии `WHERE` не обязательно должна быть проверка равенства, а могут применяться и другие операторы (см. Главу 9). Необходимо только, чтобы это выражение возвращало логический результат.

В команде `UPDATE` можно изменить значения сразу нескольких столбцов, перечислив их в предложении `SET`. Например:

```
UPDATE mytable SET a = 5, b = 3, c = 1 WHERE a > 0;
```

6.3. Удаление данных

Мы рассказали о том, как добавлять данные в таблицы и как изменять их. Теперь вам осталось узнать, как удалить данные, которые оказались не нужны. Так же, как добавлять данные можно только целыми строками, удалять их можно только по строкам. В предыдущем разделе мы отметили, что в SQL нет возможности напрямую адресовать отдельные строки, так что удалить избранные строки можно, только сформулировав для них подходящие условия. Но если в таблице есть первичный ключ, с его помощью можно однозначно выделить определённую строку. При этом можно так же удалить группы строк, соответствующие условию, либо сразу все строки таблицы.

Для удаления строк используется команда DELETE; её синтаксис очень похож на синтаксис команды `UPDATE`. Например, удалить все строки из таблицы с товарами, имеющими цену 10, можно так:

```
DELETE FROM products WHERE price = 10;
```

Если вы напишете просто:

```
DELETE FROM products;
```

будут удалены все строки таблицы! Будьте осторожны!

6.4. Возврат данных из изменённых строк

Иногда бывает полезно получать данные из модифицируемых строк в процессе их обработки. Это возможно с использованием предложения `RETURNING`, которое можно задать для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Применение `RETURNING` позволяет обойтись без дополнительного запроса к базе для сбора данных и это особенно ценно, когда как-то иначе трудно получить изменённые строки надёжным образом.

В предложении `RETURNING` допускается то же содержимое, что и в выходном списке команды `SELECT` (см. Раздел 7.3). Оно может содержать имена столбцов целевой таблицы команды или значения выражений с этими столбцами. Также часто применяется краткая запись `RETURNING *`, выбирающая все столбцы целевой таблицы по порядку.

В команде `INSERT` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются из строки в том виде, в каком она была вставлена. Это не очень полезно при простом добавлении, так как в результате будут получены те же данные, что были переданы клиентом. Но это может быть очень удобно при использовании вычисляемых значений по умолчанию. Например, если в таблице есть столбец `serial`, в котором генерируются уникальные идентификаторы, команда `RETURNING` может возвратить идентификатор, назначенный новой строке:

```
CREATE TABLE users (firstname text, lastname text, id serial primary key);

INSERT INTO users (firstname, lastname) VALUES ('Joe', 'Cool') RETURNING id;
```

Предложение `RETURNING` также очень полезно с `INSERT ... SELECT`.

В команде `UPDATE` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются новым содержимым изменённой строки. Например:

```
UPDATE products SET price = price * 1.10
  WHERE price <= 99.99
  RETURNING name, price AS new_price;
```

В команде `DELETE` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются содержимым удалённой строки. Например:

```
DELETE FROM products
  WHERE obsoletion_date = 'today'
```

```
RETURNING *;
```

Если для целевой таблицы заданы триггеры (см. Главу 38), в RETURNING выдаются данные из строки, изменённой триггерами. Таким образом, RETURNING часто применяется и для того, чтобы проверить содержимое столбцов, изменяемых триггерами.

Глава 7. Запросы

В предыдущих главах рассказывалось, как создать таблицы, как заполнить их данными и как изменить эти данные. Теперь мы наконец обсудим, как получить данные из базы данных.

7.1. Обзор

Процесс или команда получения данных из базы данных называется *запросом*. В SQL запросы формулируются с помощью команды SELECT. В общем виде команда SELECT записывается так:

```
[WITH запросы_with] SELECT список_выборки FROM табличное_выражение
 [определение_сортировки]
```

В следующих разделах подробно описываются список выборки, табличное выражение и определение сортировки. Запросы WITH являются расширенной возможностью PostgreSQL и будут рассмотрены в последнюю очередь.

Простой запрос выглядит так:

```
SELECT * FROM table1;
```

Если предположить, что в базе данных есть таблица table1, эта команда получит все строки с содержимым всех столбцов из table1. (Метод выдачи результата определяет клиентское приложение. Например, программа psql выведет на экране ASCII-таблицу, хотя клиентские библиотеки позволяют извлекать отдельные значения из результата запроса.) Здесь список выборки задан как *, это означает, что запрос должен вернуть все столбцы табличного выражения. В списке выборки можно также указать подмножество доступных столбцов или составить выражения с этими столбцами. Например, если в table1 есть столбцы a, b и c (и возможно, другие), вы можете выполнить следующий запрос:

```
SELECT a, b + c FROM table1;
```

(в предположении, что столбцы b и c имеют числовой тип данных). Подробнее это описано в Разделе 7.3.

FROM table1 — это простейший тип табличного выражения, в котором просто читается одна таблица. Вообще табличные выражения могут быть сложными конструкциями из базовых таблиц, соединений и подзапросов. А можно и вовсе опустить табличное выражение и использовать команду SELECT как калькулятор:

```
SELECT 3 * 4;
```

В этом может быть больше смысла, когда выражения в списке выборки возвращают меняющиеся результаты. Например, можно вызвать функцию так:

```
SELECT random();
```

7.2. Табличные выражения

Табличное выражение вычисляет таблицу. Это выражение содержит предложение FROM, за которым могут следовать предложения WHERE, GROUP BY и HAVING. Тривиальные табличные выражения просто ссылаются на физическую таблицу, её называют также базовой, но в более сложных выражениях такие таблицы можно преобразовывать и комбинировать самыми разными способами.

Необязательные предложения WHERE, GROUP BY и HAVING в табличном выражении определяют последовательность преобразований, осуществляемых с данными таблицы, полученной в предложении FROM. В результате этих преобразований образуется виртуальная таблица, строки которой передаются списку выборки, вычисляющему выходные строки запроса.

7.2.1. Предложение FROM

Предложение FROM образует таблицу из одной или нескольких ссылок на таблицы, разделённых запятыми.

```
FROM табличная_ссылка [, табличная_ссылка [, ...]]
```

Здесь табличной ссылкой может быть имя таблицы (возможно, с именем схемы), производная таблица, например подзапрос, соединение таблиц или сложная комбинация этих вариантов. Если в предложении `FROM` перечисляются несколько ссылок, для них применяется перекрёстное соединение (то есть декартово произведение их строк; см. ниже). Список `FROM` преобразуется в промежуточную виртуальную таблицу, которая может пройти через преобразования `WHERE`, `GROUP BY` и `HAVING`, и в итоге определит результат табличного выражения.

Когда в табличной ссылке указывается таблица, являющаяся родительской в иерархии наследования, в результате будут получены строки не только этой таблицы, но и всех её дочерних таблиц. Чтобы выбрать строки только одной родительской таблицы, перед её именем нужно добавить ключевое слово `ONLY`. Учтите, что при этом будут получены только столбцы указанной таблицы — дополнительные столбцы дочерних таблиц не попадут в результат.

Если же вы не добавляете `ONLY` перед именем таблицы, вы можете дописать после него `*`, тем самым указав, что должны обрабатываться и все дочерние таблицы. Практических причин использовать этот синтаксис больше нет, так как поиск в дочерних таблицах теперь производится по умолчанию. Однако эта запись поддерживается для совместимости со старыми версиями.

7.2.1.1. Соединённые таблицы

Соединённая таблица — это таблица, полученная из двух других (реальных или производных от них) таблиц в соответствии с правилами соединения конкретного типа. Общий синтаксис описания соединённой таблицы:

```
T1 тип_соединения T2 [ условие_соединения ]
```

Соединения любых типов могут вкладываться друг в друга или объединяться: и *T1*, и *T2* могут быть результатами соединения. Для однозначного определения порядка соединений предложения `JOIN` можно заключать в скобки. Если скобки отсутствуют, предложения `JOIN` обрабатываются слева направо.

Типы соединений

Перекрёстное соединение

```
T1 CROSS JOIN T2
```

Соединённую таблицу образуют все возможные сочетания строк из *T1* и *T2* (т. е. их декартово произведение), а набор её столбцов объединяет в себе столбцы *T1* со следующими за ними столбцами *T2*. Если таблицы содержат N и M строк, соединённая таблица будет содержать N * M строк.

`FROM T1 CROSS JOIN T2` равнозначно `FROM T1 INNER JOIN T2 ON TRUE` (см. ниже). Эта запись также равнозначна `FROM T1, T2`.

> **Примечание**
>
> Последняя запись не полностью эквивалентна первым при указании более чем двух таблиц, так как `JOIN` связывает таблицы сильнее, чем запятая. Например, `FROM T1 CROSS JOIN T2 INNER JOIN T3 ON условие` не равнозначно `FROM T1, T2 INNER JOIN T3 ON условие`, так как *условие* может ссылаться на *T1* в первом случае, но не во втором.

Соединения с сопоставлениями строк

```
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2 ON логическое_выражение
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2 USING ( список столбцов
 соединения )
T1 NATURAL { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
```

Слова `INNER` и `OUTER` необязательны во всех формах. По умолчанию подразумевается `INNER` (внутреннее соединение), а при указании `LEFT`, `RIGHT` и `FULL` — внешнее соединение.

Условие соединения указывается в предложении `ON` или `USING`, либо неявно задаётся ключевым словом `NATURAL`. Это условие определяет, какие строки двух исходных таблиц считаются «соответствующими» друг другу (это подробно рассматривается ниже).

Возможные типы соединений с сопоставлениями строк:

`INNER JOIN`

Для каждой строки R1 из T1 в результирующей таблице содержится строка для каждой строки в T2, удовлетворяющей условию соединения с R1.

`LEFT OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение (INNER JOIN). Затем в результат добавляются все строки из T1, которым не соответствуют никакие строки в T2, а вместо значений столбцов T2 вставляются NULL. Таким образом, в результирующей таблице всегда будет минимум одна строка для каждой строки из T1.

`RIGHT OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение (INNER JOIN). Затем в результат добавляются все строки из T2, которым не соответствуют никакие строки в T1, а вместо значений столбцов T1 вставляются NULL. Это соединение является обратным к левому (LEFT JOIN): в результирующей таблице всегда будет минимум одна строка для каждой строки из T2.

`FULL OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение. Затем в результат добавляются все строки из T1, которым не соответствуют никакие строки в T2, а вместо значений столбцов T2 вставляются NULL. И наконец, в результат включаются все строки из T2, которым не соответствуют никакие строки в T1, а вместо значений столбцов T1 вставляются NULL.

Предложение `ON` определяет наиболее общую форму условия соединения: в нём указываются выражения логического типа, подобные тем, что используются в предложении `WHERE`. Пара строк из *`T1`* и *`T2`* соответствуют друг другу, если выражение `ON` возвращает для них true.

`USING` — это сокращённая запись условия, полезная в ситуации, когда с обеих сторон соединения столбцы имеют одинаковые имена. Она принимает список общих имён столбцов через запятую и формирует условие соединения с равенством этих столбцов. Например, запись соединения *`T1`* и *`T2`* с `USING (a, b)` формирует условие `ON` *`T1`*`.a =` *`T2`*`.a AND` *`T1`*`.b =` *`T2`*`.b`.

Более того, при выводе `JOIN USING` исключаются избыточные столбцы: оба сопоставленных столбца выводить не нужно, так как они содержат одинаковые значения. Тогда как `JOIN ON` выдаёт все столбцы из *`T1`*, а за ними все столбцы из *`T2`*, `JOIN USING` выводит один столбец для каждой пары (в указанном порядке), за ними все оставшиеся столбцы из *`T1`* и, наконец, все оставшиеся столбцы *`T2`*.

Наконец, `NATURAL` — сокращённая форма `USING`: она образует список `USING` из всех имён столбцов, существующих в обеих входных таблицах. Как и с `USING`, эти столбцы оказываются в выходной таблице в единственном экземпляре. Если столбцов с одинаковыми именами не находится, `NATURAL JOIN` действует как `JOIN ... ON TRUE` и выдаёт декартово произведение строк.

Примечание

Предложение `USING` разумно защищено от изменений в соединяемых отношениях, так как оно связывает только явно перечисленные столбцы. `NATURAL` считается более рискованным, так как при любом изменении схемы в одном или другом отношении, когда появляются столбцы с совпадающими именами, при соединении будут связываться и эти новые столбцы.

Для наглядности предположим, что у нас есть таблицы `t1`:

```
 num | name
-----+------
   1 | a
   2 | b
   3 | c
```

и `t2`:

```
 num | value
-----+-------
   1 | xxx
   3 | yyy
   5 | zzz
```

С ними для разных типов соединений мы получим следующие результаты:

```
=> SELECT * FROM t1 CROSS JOIN t2;
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
   1 | a    |   3 | yyy
   1 | a    |   5 | zzz
   2 | b    |   1 | xxx
   2 | b    |   3 | yyy
   2 | b    |   5 | zzz
   3 | c    |   1 | xxx
   3 | c    |   3 | yyy
   3 | c    |   5 | zzz
(9 rows)

=> SELECT * FROM t1 INNER JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
   3 | c    |   3 | yyy
(2 rows)

=> SELECT * FROM t1 INNER JOIN t2 USING (num);
 num | name | value
-----+------+-------
   1 | a    | xxx
   3 | c    | yyy
(2 rows)

=> SELECT * FROM t1 NATURAL INNER JOIN t2;
 num | name | value
-----+------+-------
   1 | a    | xxx
   3 | c    | yyy
(2 rows)

=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
```

```
   2 | b    |     |
   3 | c    |   3 | yyy
(3 rows)

=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 USING (num);
 num | name | value
-----+------+-------
   1 | a    | xxx
   2 | b    |
   3 | c    | yyy
(3 rows)

=> SELECT * FROM t1 RIGHT JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
   3 | c    |   3 | yyy
     |      |   5 | zzz
(3 rows)

=> SELECT * FROM t1 FULL JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
   2 | b    |     |
   3 | c    |   3 | yyy
     |      |   5 | zzz
(4 rows)
```

Условие соединения в предложении ON может также содержать выражения, не связанные непосредственно с соединением. Это может быть полезно в некоторых запросах, но не следует использовать это необдуманно. Рассмотрите следующий запрос:

```
=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num AND t2.value = 'xxx';
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
   2 | b    |     |
   3 | c    |     |
(3 rows)
```

Заметьте, что если поместить ограничение в предложение WHERE, вы получите другой результат:

```
=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num WHERE t2.value = 'xxx';
 num | name | num | value
-----+------+-----+-------
   1 | a    |   1 | xxx
(1 row)
```

Это связано с тем, что ограничение, помещённое в предложение ON, обрабатывается *до* операции соединения, тогда как ограничение в WHERE — *после*. Это не имеет значения при внутренних соединениях, но важно при внешних.

7.2.1.2. Псевдонимы таблиц и столбцов

Таблицам и ссылкам на сложные таблицы в запросе можно дать временное имя, по которому к ним можно будет обращаться в рамках запроса. Такое имя называется *псевдонимом таблицы*.

Определить псевдоним таблицы можно, написав

```
FROM табличная_ссылка AS псевдоним
```

или

```
FROM табличная_ссылка псевдоним
```

Ключевое слово AS является необязательным. Вместо *псевдоним* здесь может быть любой идентификатор.

Псевдонимы часто применяются для назначения коротких идентификаторов длинным именам таблиц с целью улучшения читаемости запросов. Например:

```
SELECT * FROM "очень_длинное_имя_таблицы" s JOIN "другое_длинное_имя" a ON s.id =
 a.num;
```

Псевдоним становится новым именем таблицы в рамках текущего запроса, т. е. после назначения псевдонима использовать исходное имя таблицы в другом месте запроса нельзя. Таким образом, следующий запрос недопустим:

```
SELECT * FROM my_table AS m WHERE my_table.a > 5;    -- неправильно
```

Хотя в основном псевдонимы используются для удобства, они бывают необходимы, когда таблица соединяется сама с собой, например:

```
SELECT * FROM people AS mother JOIN people AS child ON mother.id = child.mother_id;
```

Кроме того, псевдонимы обязательно нужно назначать подзапросам (см. Подраздел 7.2.1.3).

В случае неоднозначности определения псевдонимов можно использовать скобки. В следующем примере первый оператор назначает псевдоним b второму экземпляру my_table, а второй оператор назначает псевдоним результату соединения:

```
SELECT * FROM my_table AS a CROSS JOIN my_table AS b ...
SELECT * FROM (my_table AS a CROSS JOIN my_table) AS b ...
```

В другой форме назначения псевдонима временные имена даются не только таблицам, но и её столбцам:

```
FROM табличная_ссылка [AS] псевдоним ( столбец1 [, столбец2 [, ...]] )
```

Если псевдонимов столбцов оказывается меньше, чем фактически столбцов в таблице, остальные столбцы сохраняют свои исходные имена. Эта запись особенно полезна для замкнутых соединений или подзапросов.

Когда псевдоним применяется к результату JOIN, он скрывает оригинальные имена таблиц внутри JOIN. Например, это допустимый SQL-запрос:

```
SELECT a.* FROM my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...
```

а запрос:

```
SELECT a.* FROM (my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...) AS c
```

ошибочный, так как псевдоним таблицы a не виден снаружи определения псевдонима c.

7.2.1.3. Подзапросы

Подзапросы, образующие таблицы, должны заключаться в скобки и им *обязательно* должны назначаться псевдонимы (как описано в Подразделе 7.2.1.2). Например:

```
FROM (SELECT * FROM table1) AS псевдоним
```

Этот пример равносилен записи FROM table1 AS псевдоним. Более интересные ситуации, которые нельзя свести к простому соединению, возникают, когда в подзапросе используются агрегирующие функции или группировка.

Подзапросом может также быть список VALUES:

```
FROM (VALUES ('anne', 'smith'), ('bob', 'jones'), ('joe', 'blow'))
     AS names(first, last)
```

Такому подзапросу тоже требуется псевдоним. Назначать псевдонимы столбцам списка `VALUES` не требуется, но вообще это хороший приём. Подробнее это описано в Разделе 7.7.

7.2.1.4. Табличные функции

Табличные функции — это функции, выдающие набор строк, содержащих либо базовые типы данных (скалярных типов), либо составные типы (табличные строки). Они применяются в запросах как таблицы, представления или подзапросы в предложении `FROM`. Столбцы, возвращённые табличными функциями, можно включить в выражения `SELECT`, `JOIN` или `WHERE` так же, как столбцы таблиц, представлений или подзапросов.

Табличные функции можно также скомбинировать, используя запись `ROWS FROM`. Результаты функций будут возвращены в параллельных столбцах; число строк в этом случае будет наибольшим из результатов всех функций, а результаты функций с меньшим количеством строк будут дополнены значениями NULL.

```
вызов_функции [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы [(псевдоним_столбца [, ...])]]
ROWS FROM( вызов_функции [, ...] ) [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы
 [(псевдоним_столбца [, ...])]]
```

Если указано предложение `WITH ORDINALITY`, к столбцам результатов функций будет добавлен ещё один, с типом `bigint`. В этом столбце нумеруются строки результирующего набора, начиная с 1. (Это обобщение стандартного SQL-синтаксиса `UNNEST ... WITH ORDINALITY`.) По умолчанию, этот столбец называется `ordinality`, но ему можно присвоить и другое имя с помощью указания `AS`.

Специальную табличную функцию `UNNEST` можно вызвать с любым числом параметров-массивов, а возвращает она соответствующее число столбцов, как если бы `UNNEST` (Раздел 9.19) вызывалась для каждого параметра в отдельности, а результаты объединялись с помощью конструкции `ROWS FROM`.

```
UNNEST( выражение_массива [, ...] ) [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы
 [(псевдоним_столбца [, ...])]]
```

Если *`псевдоним_таблицы`* не указан, в качестве имени таблицы используется имя функции; в случае с конструкцией `ROWS FROM()` — имя первой функции.

Если псевдонимы столбцов не указаны, то для функции, возвращающей базовый тип данных, именем столбца будет имя функции. Для функций, возвращающих составной тип, имена результирующих столбцов определяются индивидуальными атрибутами типа.

Несколько примеров:

```
CREATE TABLE foo (fooid int, foosubid int, fooname text);

CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS SETOF foo AS $$
    SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM getfoo(1) AS t1;

SELECT * FROM foo
    WHERE foosubid IN (
                        SELECT foosubid
                        FROM getfoo(foo.fooid) z
                        WHERE z.fooid = foo.fooid
                      );

CREATE VIEW vw_getfoo AS SELECT * FROM getfoo(1);
```

```
SELECT * FROM vw_getfoo;
```

В некоторых случаях бывает удобно определить табличную функцию, возвращающую различные наборы столбцов при разных вариантах вызова. Это можно сделать, объявив функцию, не имеющую выходных параметров (`OUT`) и возвращающую псевдотип `record`. Используя такую функцию, ожидаемую структуру строк нужно описать в самом запросе, чтобы система знала, как разобрать запрос и составить его план. Записывается это так:

```
вызов_функции [AS] псевдоним (определение_столбца [, ...])
вызов_функции AS [псевдоним] (определение_столбца [, ...])
ROWS FROM( ... вызов_функции AS (определение_столбца [, ...]) [, ...] )
```

Без `ROWS FROM()` список *определения_столбцов* заменяет список псевдонимов, который можно также добавить в предложении `FROM`; имена в определениях столбцов служат псевдонимами. С `ROWS FROM()` список *определения_столбцов* можно добавить к каждой функции отдельно, либо в случае с одной функцией и без предложения `WITH ORDINALITY`, список *определения_столбцов* можно записать вместо списка с псевдонимами столбцов после `ROWS FROM()`.

Взгляните на этот пример:

```
SELECT *
    FROM dblink('dbname=mydb', 'SELECT proname, prosrc FROM pg_proc')
      AS t1(proname name, prosrc text)
    WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

Здесь функция dblink (из модуля dblink) выполняет удалённый запрос. Она объявлена как функция, возвращающая тип `record`, так как он подойдёт для запроса любого типа. В этом случае фактический набор столбцов функции необходимо описать в вызывающем её запросе, чтобы анализатор запроса знал, например, как преобразовать `*`.

В этом примере используется конструкция `ROWS FROM`:

```
SELECT *
FROM ROWS FROM
    (
        json_to_recordset('[{"a":40,"b":"foo"},{"a":"100","b":"bar"}]')
            AS (a INTEGER, b TEXT),
        generate_series(1, 3)
    ) AS x (p, q, s)
ORDER BY p;

  p  |  q  | s
-----+-----+---
  40 | foo | 1
 100 | bar | 2
     |     | 3
```

Она объединяет результаты двух функций в одном отношении `FROM`. В данном случае `json_to_recordset()` должна выдавать два столбца, первый `integer` и второй `text`, а результат `generate_series()` используется непосредственно. Предложение `ORDER BY` упорядочивает значения первого столбца как целочисленные.

7.2.1.5. Подзапросы `LATERAL`

Перед подзапросами в предложении `FROM` можно добавить ключевое слово `LATERAL`. Это позволит ссылаться в них на столбцы предшествующих элементов списка `FROM`. (Без `LATERAL` каждый подзапрос выполняется независимо и поэтому не может обращаться к другим элементам `FROM`.)

Перед табличными функциями в предложении `FROM` также можно указать `LATERAL`, но для них это ключевое слово необязательно; в аргументах функций в любом случае можно обращаться к столбцам в предыдущих элементах `FROM`.

Элемент LATERAL может находиться на верхнем уровне списка FROM или в дереве JOIN. В последнем случае он может также ссылаться на любые элементы в левой части JOIN, справа от которого он находится.

Когда элемент FROM содержит ссылки LATERAL, запрос выполняется следующим образом: сначала для строки элемента FROM с целевыми столбцами, или набора строк из нескольких элементов FROM, содержащих целевые столбцы, вычисляется элемент LATERAL со значениями этих столбцов. Затем результирующие строки обычным образом соединяются со строками, из которых они были вычислены. Эта процедура повторяется для всех строк исходных таблиц.

LATERAL можно использовать так:

```
SELECT * FROM foo, LATERAL (SELECT * FROM bar WHERE bar.id = foo.bar_id) ss;
```

Здесь это не очень полезно, так как тот же результат можно получить более простым и привычным способом:

```
SELECT * FROM foo, bar WHERE bar.id = foo.bar_id;
```

Применять LATERAL имеет смысл в основном, когда для вычисления соединяемых строк необходимо обратиться к столбцам других таблиц. В частности, это полезно, когда нужно передать значение функции, возвращающей набор данных. Например, если предположить, что vertices(polygon) возвращает набор вершин многоугольника, близкие вершины многоугольников из таблицы polygons можно получить так:

```
SELECT p1.id, p2.id, v1, v2
FROM polygons p1, polygons p2,
     LATERAL vertices(p1.poly) v1,
     LATERAL vertices(p2.poly) v2
WHERE (v1 <-> v2) < 10 AND p1.id != p2.id;
```

Этот запрос можно записать и так:

```
SELECT p1.id, p2.id, v1, v2
FROM polygons p1 CROSS JOIN LATERAL vertices(p1.poly) v1,
     polygons p2 CROSS JOIN LATERAL vertices(p2.poly) v2
WHERE (v1 <-> v2) < 10 AND p1.id != p2.id;
```

или переформулировать другими способами. (Как уже упоминалось, в данном примере ключевое слово LATERAL не требуется, но мы добавили его для ясности.)

Особенно полезно бывает использовать LEFT JOIN с подзапросом LATERAL, чтобы исходные строки оказывались в результате, даже если подзапрос LATERAL не возвращает строк. Например, если функция get_product_names() выдаёт названия продуктов, выпущенных определённым производителем, но о продукции некоторых производителей информации нет, мы можем найти, каких именно, примерно так:

```
SELECT m.name
FROM manufacturers m LEFT JOIN LATERAL get_product_names(m.id) pname ON true
WHERE pname IS NULL;
```

7.2.2. Предложение WHERE

Предложение WHERE записывается так:

```
WHERE условие_ограничения
```

где *условие_ограничения* — любое выражение значения (см. Раздел 4.2), выдающее результат типа boolean.

После обработки предложения FROM каждая строка полученной виртуальной таблицы проходит проверку по условию ограничения. Если результат условия равен true, эта строка остаётся в выходной таблице, а иначе (если результат равен false или NULL) отбрасывается. В условии ограничения, как правило, задействуется минимум один столбец из таблицы, полученной на выходе FROM.

Хотя строго говоря, это не требуется, но в противном случае предложение WHERE будет бессмысленным.

Примечание

Условие для внутреннего соединения можно записать как в предложении WHERE, так и в предложении JOIN. Например, это выражение:

```
FROM a, b WHERE a.id = b.id AND b.val > 5
```

равнозначно этому:

```
FROM a INNER JOIN b ON (a.id = b.id) WHERE b.val > 5
```

и возможно, даже этому:

```
FROM a NATURAL JOIN b WHERE b.val > 5
```

Какой вариант выбрать, в основном дело вкуса и стиля. Вариант с JOIN внутри предложения FROM, возможно, не лучший с точки зрения совместимости с другими СУБД, хотя он и описан в стандарте SQL. Но для внешних соединений других вариантов нет: их можно записывать только во FROM. Предложения ON и USING во внешних соединениях *не* равнозначны условию WHERE, так как они могут добавлять строки (для входных строк без соответствия), а также удалять их из конечного результата.

Несколько примеров запросов с WHERE:

```
SELECT ... FROM fdt WHERE c1 > 5

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (1, 2, 3)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (SELECT c1 FROM t2)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (SELECT c3 FROM t2 WHERE c2 = fdt.c1 + 10)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 BETWEEN (SELECT c3 FROM t2 WHERE c2 = fdt.c1 + 10) AND 100

SELECT ... FROM fdt WHERE EXISTS (SELECT c1 FROM t2 WHERE c2 > fdt.c1)
```

fdt — название таблицы, порождённой в предложении FROM. Строки, которые не соответствуют условию WHERE, исключаются из fdt. Обратите внимание, как в качестве выражений значения используются скалярные подзапросы. Как и любые другие запросы, подзапросы могут содержать сложные табличные выражения. Заметьте также, что fdt используется в подзапросах. Дополнение имени c1 в виде fdt.c1 необходимо только, если в порождённой таблице в подзапросе также оказывается столбец c1. Полное имя придаёт ясность даже там, где без него можно обойтись. Этот пример показывает, как область именования столбцов внешнего запроса распространяется на все вложенные в него внутренние запросы.

7.2.3. Предложения GROUP BY и HAVING

Строки порождённой входной таблицы, прошедшие фильтр WHERE, можно сгруппировать с помощью предложения GROUP BY, а затем оставить в результате только нужные группы строк, используя предложение HAVING.

```
SELECT список_выборки
    FROM ...
    [WHERE ...]
    GROUP BY группирующий_столбец [, группирующий_столбец]...
```

Предложение GROUP BY группирует строки таблицы, объединяя их в одну группу при совпадении значений во всех перечисленных столбцах. Порядок, в котором указаны столбцы, не имеет значения. В результате наборы строк с одинаковыми значениями преобразуются в отдельные строки, представляющие все строки группы. Это может быть полезно для устранения избыточности выходных данных и/или для вычисления агрегатных функций, применённых к этим группам. Например:

```
=> SELECT * FROM test1;
 x | y
---+---
 a | 3
 c | 2
 b | 5
 a | 1
(4 rows)

=> SELECT x FROM test1 GROUP BY x;
 x
---
 a
 b
 c
(3 rows)
```

Во втором запросе мы не могли написать `SELECT * FROM test1 GROUP BY x`, так как для столбца `y` нет единого значения, связанного с каждой группой. Однако столбцы, по которым выполняется группировка, можно использовать в списке выборки, так как они имеют единственное значение в каждой группе.

Вообще говоря, в группированной таблице столбцы, не включённые в список `GROUP BY`, можно использовать только в агрегатных выражениях. Пример такого агрегатного выражения:

```
=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x;
 x | sum
---+-----
 a |   4
 b |   5
 c |   2
(3 rows)
```

Здесь `sum` — агрегатная функция, вычисляющая единственное значение для всей группы. Подробную информацию о существующих агрегатных функциях можно найти в Разделе 9.21.

Подсказка

Группировка без агрегатных выражений по сути выдаёт набор различающихся значений столбцов. Этот же результат можно получить с помощью предложения `DISTINCT` (см. Подраздел 7.3.3).

Взгляните на следующий пример: в нём вычисляется общая сумма продаж по каждому продукту (а не общая сумма по всем продуктам):

```
SELECT product_id, p.name, (sum(s.units) * p.price) AS sales
    FROM products p LEFT JOIN sales s USING (product_id)
    GROUP BY product_id, p.name, p.price;
```

В этом примере столбцы `product_id`, `p.name` и `p.price` должны присутствовать в списке `GROUP BY`, так как они используются в списке выборки. Столбец `s.units` может отсутствовать в списке `GROUP BY`, так как он используется только в агрегатном выражении (`sum(...)`), вычисляющем сумму продаж. Для каждого продукта этот запрос возвращает строку с итоговой суммой по всем продажам данного продукта.

Если бы в таблице products по столбцу `product_id` был создан первичный ключ, тогда в данном примере было бы достаточно сгруппировать строки по `product_id`, так как название и цена продукта *функционально зависят* от кода продукта и можно однозначно определить, какое название и цену возвращать для каждой группы по ID.

В стандарте SQL `GROUP BY` может группировать только по столбцам исходной таблицы, но расширение PostgreSQL позволяет использовать в `GROUP BY` столбцы из списка выборки. Также возможна группировка по выражениям, а не просто именам столбцов.

Если таблица была сгруппирована с помощью `GROUP BY`, но интерес представляют только некоторые группы, отфильтровать их можно с помощью предложения `HAVING`, действующего подобно `WHERE`. Записывается это так:

```
SELECT список_выборки FROM ... [WHERE ...] GROUP BY ... HAVING логическое_выражение
```

В предложении `HAVING` могут использоваться и группирующие выражения, и выражения, не участвующие в группировке (в этом случае это должны быть агрегирующие функции).

Пример:

```
=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x HAVING sum(y) > 3;
 x | sum
---+-----
 a |   4
 b |   5
(2 rows)

=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x HAVING x < 'c';
 x | sum
---+-----
 a |   4
 b |   5
(2 rows)
```

И ещё один более реалистичный пример:

```
SELECT product_id, p.name, (sum(s.units) * (p.price - p.cost)) AS profit
    FROM products p LEFT JOIN sales s USING (product_id)
    WHERE s.date > CURRENT_DATE - INTERVAL '4 weeks'
    GROUP BY product_id, p.name, p.price, p.cost
    HAVING sum(p.price * s.units) > 5000;
```

В данном примере предложение `WHERE` выбирает строки по столбцу, не включённому в группировку (выражение истинно только для продаж за последние четыре недели), тогда как предложение `HAVING` отфильтровывает группы с общей суммой продаж больше 5000. Заметьте, что агрегатные выражения не обязательно должны быть одинаковыми во всех частях запроса.

Если в запросе есть вызовы агрегатных функций, но нет предложения `GROUP BY`, строки всё равно будут группироваться: в результате окажется одна строка группы (или возможно, ни одной строки, если эта строка будет отброшена предложением `HAVING`). Это справедливо и для запросов, которые содержат только предложение `HAVING`, но не содержат вызовы агрегатных функций и предложение `GROUP BY`.

7.2.4. `GROUPING SETS`, `CUBE` и `ROLLUP`

Более сложные, чем описанные выше, операции группировки возможны с концепцией *наборов группирования*. Данные, выбранные предложениями `FROM` и `WHERE`, группируются отдельно для каждого заданного набора группирования, затем для каждой группы вычисляются агрегатные функции как для простых предложений `GROUP BY`, и в конце возвращаются результаты. Например:

```
=> SELECT * FROM items_sold;
```

```
 brand | size | sales
-------+------+-------
 Foo   | L    |  10
 Foo   | M    |  20
 Bar   | M    |  15
 Bar   | L    |  5
(4 rows)

=> SELECT brand, size, sum(sales) FROM items_sold GROUP BY GROUPING SETS ((brand),
 (size), ());
 brand | size | sum
-------+------+-----
 Foo   |      |  30
 Bar   |      |  20
       | L    |  15
       | M    |  35
       |      |  50
(5 rows)
```

В каждом внутреннем списке `GROUPING SETS` могут задаваться ноль или более столбцов или выражений, которые воспринимаются так же, как если бы они были непосредственно записаны в предложении `GROUP BY`. Пустой набор группировки означает, что все строки сводятся к одной группе (которая выводится, даже если входных строк нет), как описано выше для агрегатных функций без предложения `GROUP BY`.

Ссылки на группирующие столбцы или выражения заменяются в результирующих строках значениями NULL для тех группирующих наборов, в которых эти столбцы отсутствуют. Чтобы можно было понять, результатом какого группирования стала конкретная выходная строка, предназначена функция, описанная в Таблице 9.59.

Для указания двух распространённых видов наборов группирования предусмотрена краткая запись. Предложение формы

```
ROLLUP ( e1, e2, e3, ... )
```

представляет заданный список выражений и всех префиксов списка, включая пустой список; то есть оно равнозначно записи

```
GROUPING SETS (
    ( e1, e2, e3, ... ),
    ...
    ( e1, e2 ),
    ( e1 ),
    ( )
)
```

Оно часто применяется для анализа иерархических данных, например, для суммирования зарплаты по отделам, подразделениям и компании в целом.

Предложение формы

```
CUBE ( e1, e2, ... )
```

представляет заданный список и все его возможные подмножества (степень множества). Таким образом, запись

```
CUBE ( a, b, c )
```

равнозначна

```
GROUPING SETS (
    ( a, b, c ),
    ( a, b    ),
```

```
    ( a,    c ),
    ( a       ),
    (    b, c ),
    (    b    ),
    (       c ),
    (         )
)
```

Элементами предложений `CUBE` и `ROLLUP` могут быть либо отдельные выражения, либо вложенные списки элементов в скобках. Вложенные списки обрабатываются как атомарные единицы, с которыми формируются отдельные наборы группирования. Например:

```
CUBE ( (a, b), (c, d) )
```

равнозначно

```
GROUPING SETS (
    ( a, b, c, d ),
    ( a, b       ),
    (       c, d ),
    (            )
)
```

и

```
ROLLUP ( a, (b, c), d )
```

равнозначно

```
GROUPING SETS (
    ( a, b, c, d ),
    ( a, b, c    ),
    ( a          ),
    (            )
)
```

Конструкции `CUBE` и `ROLLUP` могут применяться либо непосредственно в предложении `GROUP BY`, либо вкладываться внутрь предложения `GROUPING SETS`. Если одно предложение `GROUPING SETS` вкладывается внутрь другого, результат будет таким же, как если бы все элементы внутреннего предложения были записаны непосредственно во внешнем.

Если в одном предложении `GROUP BY` задаётся несколько элементов группирования, окончательный список наборов группирования образуется как прямое произведение этих элементов. Например:

```
GROUP BY a, CUBE (b, c), GROUPING SETS ((d), (e))
```

равнозначно

```
GROUP BY GROUPING SETS (
    (a, b, c, d), (a, b, c, e),
    (a, b, d),    (a, b, e),
    (a, c, d),    (a, c, e),
    (a, d),       (a, e)
)
```

Примечание

Конструкция `(a, b)` обычно воспринимается в выражениях как конструктор строки. Однако в предложении `GROUP BY` на верхнем уровне выражений запись `(a, b)` воспринимается как список выражений, как описано выше. Если вам по какой-либо причине *нужен* именно конструктор строки в выражении группирования, используйте запись `ROW(a, b)`.

7.2.5. Обработка оконных функций

Если запрос содержит оконные функции (см. Раздел 3.5, Раздел 9.22 и Подраздел 4.2.8), эти функции вычисляются после каждой группировки, агрегатных выражений и фильтрации HAVING. Другими словами, если в запросе есть агрегатные функции, предложения GROUP BY или HAVING, оконные функции видят не исходные строки, полученные из FROM/WHERE, а сгруппированные.

Когда используются несколько оконных функций, все оконные функции, имеющие в своих определениях равнозначные предложения PARTITION BY и ORDER BY, гарантированно видят один порядок сортировки входных строк, даже если ORDER BY не определяет этот порядок однозначно. Однако относительно функций с разными формулировками PARTITION BY и ORDER BY никаких гарантий не даётся. (В таких случаях между проходами вычислений оконных функций обычно требуется дополнительный этап сортировки и эта сортировка может не сохранять порядок строк, равнозначный с точки зрения ORDER BY.)

В настоящее время оконные функции всегда требуют предварительно отсортированных данных, так что результат запроса будет отсортирован согласно тому или иному предложению PARTITION BY/ORDER BY оконных функций. Однако полагаться на это не следует. Если вы хотите, чтобы результаты сортировались определённым образом, явно добавьте предложение ORDER BY на верхнем уровне запроса.

7.3. Списки выборки

Как говорилось в предыдущем разделе, табличное выражение в SELECT создаёт промежуточную виртуальную таблицу, возможно объединяя таблицы, представления, группируя и исключая лишние строки и т. д. Полученная таблица передаётся для обработки в *список выборки*. Этот список выбирает, какие *столбцы* промежуточной таблицы должны выводиться в результате и как именно.

7.3.1. Элементы списка выборки

Простейший список выборки образует элемент *, который выбирает все столбцы из полученного табличного выражения. Список выборки также может содержать список выражений значения через запятую (как определено в Разделе 4.2). Например, это может быть список имён столбцов:

```
SELECT a, b, c FROM ...
```

Имена столбцов a, b и c представляют либо фактические имена столбцов таблиц, перечисленных в предложении FROM, либо их псевдонимы, определённые как описано в Подразделе 7.2.1.2. Пространство имён в списке выборки то же, что и в предложении WHERE, если не используется группировка. В противном случае оно совпадает с пространством имён предложения HAVING.

Если столбец с заданным именем есть в нескольких таблицах, необходимо также указать имя таблицы, например так:

```
SELECT tbl1.a, tbl2.a, tbl1.b FROM ...
```

Обращаясь к нескольким таблицам, бывает удобно получить сразу все столбцы одной из таблиц:

```
SELECT tbl1.*, tbl2.a FROM ...
```

Подробнее запись *имя_таблицы*.* описывается в Подразделе 8.16.5.

Если в списке выборки используется обычное выражение значения, по сути при этом в возвращаемую таблицу добавляется новый виртуальный столбец. Выражение значения вычисляется один раз для каждой строки результата со значениями столбцов в данной строке. Хотя выражения в списке выборки не обязательно должны обращаться к столбцам табличного выражения из предложения FROM; они могут содержать, например и простые арифметические выражения.

7.3.2. Метки столбцов

Элементам в списке выборки можно назначить имена для последующей обработки, например, для указания в предложении ORDER BY или для вывода в клиентском приложении. Например:

```
SELECT a AS value, b + c AS sum FROM ...
```

Если выходное имя столбца не определено (с помощью AS), система назначает имя сама. Для простых ссылок на столбцы этим именем становится имя целевого столбца, а для вызовов функций это имя функции. Для сложных выражений система генерирует некоторое подходящее имя.

Слово AS можно опустить, но только если имя нового столбца не является ключевым словом PostgreSQL (см. Приложение C). Во избежание случайного совпадения имени с ключевым словом это имя можно заключить в кавычки. Например, VALUE — ключевое слово, поэтому такой вариант не будет работать:

```
SELECT a value, b + c AS sum FROM ...
```

а такой будет:

```
SELECT a "value", b + c AS sum FROM ...
```

Для предотвращения конфликта с ключевыми словами, которые могут появиться в будущем, рекомендуется всегда писать AS или заключать метки выходных столбцов в кавычки.

Примечание

Именование выходных столбцов отличается от того, что происходит в предложении FROM (см. Подраздел 7.2.1.2). Один столбец можно переименовать дважды, но на выходе окажется имя, назначенное в списке выборки.

7.3.3. DISTINCT

После обработки списка выборки в результирующей таблице можно дополнительно исключить дублирующиеся строки. Для этого сразу после SELECT добавляется ключевое слово DISTINCT:

```
SELECT DISTINCT список_выборки ...
```

(Чтобы явно включить поведение по умолчанию, когда возвращаются все строки, вместо DISTINCT можно указать ключевое слово ALL.)

Две строки считаются разными, если они содержат различные значения минимум в одном столбце. При этом значения NULL полагаются равными.

Кроме того, можно явно определить, какие строки будут считаться различными, следующим образом:

```
SELECT DISTINCT ON (выражение [, выражение ...]) список_выборки ...
```

Здесь *выражение* — обычное выражение значения, вычисляемое для всех строк. Строки, для которых перечисленные выражения дают один результат, считаются дублирующимися и возвращается только первая строка из такого набора. Заметьте, что «первая строка» набора может быть любой, если только запрос не включает сортировку, гарантирующую однозначный порядок строк, поступающих в фильтр DISTINCT. (Обработка DISTINCT ON производится после сортировки ORDER BY.)

Предложение DISTINCT ON не описано в стандарте SQL и иногда его применение считается плохим стилем из-за возможной неопределённости в результатах. При разумном использовании GROUP BY и подзапросов во FROM можно обойтись без этой конструкции, но часто она бывает удобнее.

7.4. Сочетание запросов

Результаты двух запросов можно обработать, используя операции над множествами: объединение, пересечение и вычитание. Эти операции записываются соответственно так:

```
запрос1 UNION [ALL] запрос2
запрос1 INTERSECT [ALL] запрос2
запрос1 EXCEPT [ALL] запрос2
```

Здесь *запрос1* и *запрос2* — это запросы, в которых могут использоваться все возможности, рассмотренные до этого.

UNION по сути добавляет результаты второго запроса к результатам первого (хотя никакой порядок возвращаемых строк при этом не гарантируется). Более того, эта операция убирает дублирующиеся строки из результата так же, как это делает DISTINCT, если только не указано UNION ALL.

INTERSECT возвращает все строки, содержащиеся в результате и первого, и второго запроса. Дублирующиеся строки отфильтровываются, если не указано ALL.

EXCEPT возвращает все строки, которые есть в результате первого запроса, но отсутствуют в результате второго. (Иногда это называют *разницей* двух запросов.) И здесь дублирующиеся строки отфильтровываются, если не указано ALL.

Чтобы можно было вычислить объединение, пересечение или разницу результатов двух запросов, эти запросы должны быть «совместимыми для объединения», что означает, что они должны иметь одинаковое число столбцов и соответствующие столбцы должны быть совместимых типов, как описывается в Разделе 10.5.

Операции над множествами можно объединять, например

```
запрос1 UNION запрос2 EXCEPT запрос3
```

что равнозначно

```
(запрос1 UNION запрос2) EXCEPT запрос3
```

Как показано выше, вы можете использовать круглые скобки, чтобы управлять очередью обработки. Без круглых скобок UNION и EXCEPT объединяются слева направо, но оператор INTERSECT имеет больший приоритет, чем первые два. Таким образом,

```
запрос1 UNION запрос2 INTERSECT запрос3
```

означает

```
запрос1 UNION (запрос2 INTERSECT запрос3)
```

Вы также можете заключить отдельный *запрос* в круглые скобки. Это важно, если в *запросе* необходимо использовать любое из предложений, обсуждаемых в следующих разделах, например LIMIT. Без круглых скобок возникнет синтаксическая ошибка или предложение будет восприниматься как относящееся к результату операции над множествами, а не к её аргументам. Например,

```
SELECT a FROM b UNION SELECT x FROM y LIMIT 10
```

не вызовет ошибку, но будет означать

```
(SELECT a FROM b UNION SELECT x FROM y) LIMIT 10
```

а не

```
SELECT a FROM b UNION (SELECT x FROM y LIMIT 10)
```

7.5. Сортировка строк

После того как запрос выдал таблицу результатов (после обработки списка выборки), её можно отсортировать. Если сортировка не задана, строки возвращаются в неопределённом порядке. Фактический порядок строк в этом случае будет зависеть от плана соединения и сканирования, а также от порядка данных на диске, поэтому полагаться на него нельзя. Определённый порядок выводимых строк гарантируется, только если этап сортировки задан явно.

Порядок сортировки определяет предложение ORDER BY:

```
SELECT список_выборки
    FROM табличное_выражение
    ORDER BY выражение_сортировки1 [ASC | DESC] [NULLS { FIRST | LAST }]
             [, выражение_сортировки2 [ASC | DESC] [NULLS { FIRST | LAST }] ...]
```

Выражениями сортировки могут быть любые выражения, допустимые в списке выборки запроса. Например:

```
SELECT a, b FROM table1 ORDER BY a + b, c;
```

Когда указывается несколько выражений, последующие значения позволяют отсортировать строки, в которых совпали все предыдущие значения. Каждое выражение можно дополнить ключевыми словами `ASC` или `DESC`, которые выбирают сортировку соответственно по возрастанию или убыванию. По умолчанию принят порядок по возрастанию (`ASC`). При сортировке по возрастанию сначала идут меньшие значения, где понятие «меньше» определяется оператором `<`. Подобным образом, сортировка по возрастанию определяется оператором `>`. [1]

Для определения места значений NULL можно использовать указания `NULLS FIRST` и `NULLS LAST`, которые помещают значения NULL соответственно до или после значений не NULL. По умолчанию значения NULL считаются больше любых других, то есть подразумевается `NULLS FIRST` для порядка `DESC` и `NULLS LAST` в противном случае.

Заметьте, что порядки сортировки определяются независимо для каждого столбца. Например, `ORDER BY x, y DESC` означает `ORDER BY x ASC, y DESC`, и это не то же самое, что `ORDER BY x DESC, y DESC`.

Здесь *выражение_сортировки* может быть меткой столбца или номером выводимого столбца, как в данном примере:

```
SELECT a + b AS sum, c FROM table1 ORDER BY sum;
SELECT a, max(b) FROM table1 GROUP BY a ORDER BY 1;
```

Оба эти запроса сортируют результат по первому столбцу. Заметьте, что имя выводимого столбца должно оставаться само по себе, его нельзя использовать в выражении. Например, это *ошибка*:

```
SELECT a + b AS sum, c FROM table1 ORDER BY sum + c;          -- неправильно
```

Это ограничение позволяет уменьшить неоднозначность. Тем не менее неоднозначность возможна, когда в `ORDER BY` указано простое имя, но оно соответствует и имени выходного столбца, и столбцу из табличного выражения. В этом случае используется выходной столбец. Эта ситуация может возникнуть, только когда с помощью `AS` выходному столбцу назначается то же имя, что имеет столбец в другой таблице.

`ORDER BY` можно применить к результату комбинации `UNION`, `INTERSECT` и `EXCEPT`, но в этом случае возможна сортировка только по номерам или именам столбцов, но не по выражениям.

7.6. LIMIT и OFFSET

Указания `LIMIT` и `OFFSET` позволяют получить только часть строк из тех, что выдал остальной запрос:

```
SELECT список_выборки
    FROM табличное_выражение
    [ ORDER BY ... ]
    [ LIMIT { число | ALL } ] [ OFFSET число ]
```

Если указывается число LIMIT, в результате возвращается не больше заданного числа строк (меньше может быть, если сам запрос выдал меньшее количество строк). `LIMIT ALL` равносильно отсутствию указания `LIMIT`, как и `LIMIT` с аргументом NULL.

`OFFSET` указывает пропустить указанное число строк, прежде чем начать выдавать строки. `OFFSET 0` равносильно отсутствию указания `OFFSET`, как и `OFFSET` с аргументом NULL.

Если указано и `OFFSET`, и `LIMIT`, сначала система пропускает `OFFSET` строк, а затем начинает подсчитывать строки для ограничения `LIMIT`.

[1] На деле PostgreSQL определяет порядок сортировки для `ASC` и `DESC` по *классу оператора B-дерева по умолчанию* для типа данных выражения. Обычно типы данных создаются так, что этому порядку соответствуют операторы < и >, но возможно разработать собственный тип данных, который будет вести себя по-другому.

Применяя LIMIT, важно использовать также предложение ORDER BY, чтобы строки результата выдавались в определённом порядке. Иначе будут возвращаться непредсказуемые подмножества строк. Вы можете запросить строки с десятой по двадцатую, но какой порядок вы имеете в виду? Порядок будет неизвестен, если не добавить ORDER BY.

Оптимизатор запроса учитывает ограничение LIMIT, строя планы выполнения запросов, поэтому вероятнее всего планы (а значит и порядок строк) будут меняться при разных LIMIT и OFFSET. Таким образом, различные значения LIMIT/OFFSET, выбирающие разные подмножества результатов запроса, *приведут к несогласованности результатов*, если не установить предсказуемую сортировку с помощью ORDER BY. Это не ошибка, а неизбежное следствие того, что SQL не гарантирует вывод результатов запроса в некотором порядке, если порядок не определён явно предложением ORDER BY.

Строки, пропускаемые согласно предложению OFFSET, тем не менее должны вычисляться на сервере. Таким образом, при больших значениях OFFSET работает неэффективно.

7.7. Списки VALUES

Предложение VALUES позволяет создать «постоянную таблицу», которую можно использовать в запросе, не создавая и не наполняя таблицу в БД. Синтаксис предложения:

```
VALUES ( выражение [, ...] ) [, ...]
```

Для каждого списка выражений в скобках создаётся строка таблицы. Все списки должны иметь одинаковое число элементов (т. е. число столбцов в таблице) и соответствующие элементы во всех списках должны иметь совместимые типы данных. Фактический тип данных столбцов результата определяется по тем же правилам, что и для UNION (см. Раздел 10.5).

Как пример:

```
VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three');
```

вернёт таблицу из двух столбцов и трёх строк. Это равносильно такому запросу:

```
SELECT 1 AS column1, 'one' AS column2
UNION ALL
SELECT 2, 'two'
UNION ALL
SELECT 3, 'three';
```

По умолчанию PostgreSQL назначает столбцам таблицы VALUES имена column1, column2 и т. д. Имена столбцов не определены в стандарте SQL и в другой СУБД они могут быть другими, поэтому обычно лучше переопределить имена списком псевдонимов, например так:

```
=> SELECT * FROM (VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three')) AS t (num,letter);
 num | letter
-----+--------
   1 | one
   2 | two
   3 | three
(3 rows)
```

Синтаксически список VALUES с набором выражений равнозначен:

```
SELECT список_выборки FROM табличное_выражение
```

и допускается везде, где допустим SELECT. Например, вы можете использовать его в составе UNION или добавить к нему *определение_сортировки* (ORDER BY, LIMIT и/или OFFSET). VALUES чаще всего используется как источник данных для команды INSERT, а также как подзапрос.

За дополнительными сведениями обратитесь к справке VALUES.

7.8. Запросы WITH (Общие табличные выражения)

WITH предоставляет способ записывать дополнительные операторы для применения в больших запросах. Эти операторы, которые также называют общими табличными выражениями (Common Table Expressions, CTE), можно представить как определения временных таблиц, существующих только для одного запроса. Дополнительным оператором в предложении WITH может быть SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE, а само предложение WITH присоединяется к основному оператору, которым также может быть SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE.

7.8.1. SELECT в WITH

Основное предназначение SELECT в предложении WITH заключается в разбиении сложных запросов на простые части. Например, запрос:

```
WITH regional_sales AS (
    SELECT region, SUM(amount) AS total_sales
    FROM orders
    GROUP BY region
), top_regions AS (
    SELECT region
    FROM regional_sales
    WHERE total_sales > (SELECT SUM(total_sales)/10 FROM regional_sales)
)
SELECT region,
       product,
       SUM(quantity) AS product_units,
       SUM(amount) AS product_sales
FROM orders
WHERE region IN (SELECT region FROM top_regions)
GROUP BY region, product;
```

выводит итоги по продажам только для передовых регионов. Предложение WITH определяет два дополнительных оператора regional_sales и top_regions так, что результат regional_sales используется в top_regions, а результат top_regions используется в основном запросе SELECT. Этот пример можно было бы переписать без WITH, но тогда нам понадобятся два уровня вложенных подзапросов SELECT. Показанным выше способом это можно сделать немного проще.

Необязательное указание RECURSIVE превращает WITH из просто удобной синтаксической конструкции в средство реализации того, что невозможно в стандартном SQL. Используя RECURSIVE, запрос WITH может обращаться к собственному результату. Очень простой пример, суммирующий числа от 1 до 100:

```
WITH RECURSIVE t(n) AS (
    VALUES (1)
  UNION ALL
    SELECT n+1 FROM t WHERE n < 100
)
SELECT sum(n) FROM t;
```

В общем виде рекурсивный запрос WITH всегда записывается как *не рекурсивная часть*, потом UNION (или UNION ALL), а затем *рекурсивная часть*, где только в рекурсивной части можно обратиться к результату запроса. Такой запрос выполняется следующим образом:

Вычисление рекурсивного запроса

1. Вычисляется не рекурсивная часть. Для UNION (но не UNION ALL) отбрасываются дублирующиеся строки. Все оставшиеся строки включаются в результат рекурсивного запроса и также помещаются во временную *рабочую таблицу*.

2. Пока рабочая таблица не пуста, повторяются следующие действия:

   a. Вычисляется рекурсивная часть так, что рекурсивная ссылка на сам запрос обращается к текущему содержимому рабочей таблицы. Для UNION (но не UNION ALL) отбрасываются дублирующиеся строки и строки, дублирующие ранее полученные. Все оставшиеся строки включаются в результат рекурсивного запроса и также помещаются во временную *промежуточную таблицу*.

b. Содержимое рабочей таблицы заменяется содержимым промежуточной таблицы, а затем промежуточная таблица очищается.

> **Примечание**
>
> Хотя указание RECURSIVE позволяет определять рекурсивные запросы, внутри такие запросы обрабатываются итерационно.

В показанном выше примере в рабочей таблице на каждом этапе содержится всего одна строка и в ней последовательно накапливаются значения от 1 до 100. На сотом шаге, благодаря условию WHERE, не возвращается ничего, так что вычисление запроса завершается.

Рекурсивные запросы обычно применяются для работы с иерархическими или древовидными структурами данных. В качестве полезного примера можно привести запрос, находящий все непосредственные и косвенные составные части продукта, используя только таблицу с прямыми связями:

```
WITH RECURSIVE included_parts(sub_part, part, quantity) AS (
    SELECT sub_part, part, quantity FROM parts WHERE part = 'our_product'
  UNION ALL
    SELECT p.sub_part, p.part, p.quantity * pr.quantity
    FROM included_parts pr, parts p
    WHERE p.part = pr.sub_part
)
SELECT sub_part, SUM(quantity) as total_quantity
FROM included_parts
GROUP BY sub_part
```

Работая с рекурсивными запросами, важно обеспечить, чтобы рекурсивная часть запроса в конце концов не выдала никаких кортежей (строк), в противном случае цикл будет бесконечным. Иногда для этого достаточно применять UNION вместо UNION ALL, так как при этом будут отбрасываться строки, которые уже есть в результате. Однако часто в цикле выдаются строки, не совпадающие полностью с предыдущими: в таких случаях может иметь смысл проверить одно или несколько полей, чтобы определить, не была ли текущая точка достигнута раньше. Стандартный способ решения подобных задач — вычислить массив с уже обработанными значениями. Например, рассмотрите следующий запрос, просматривающий таблицу graph по полю link:

```
WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1
    FROM graph g
  UNION ALL
    SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1
    FROM graph g, search_graph sg
    WHERE g.id = sg.link
)
SELECT * FROM search_graph;
```

Этот запрос зациклится, если связи link содержат циклы. Так как нам нужно получать в результате «depth», одно лишь изменение UNION ALL на UNION не позволит избежать зацикливания. Вместо этого мы должны как-то определить, что уже достигали текущей строки, пройдя некоторый путь. Для этого мы добавляем два столбца path и cycle и получаем запрос, защищённый от зацикливания:

```
WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth, path, cycle) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1,
      ARRAY[g.id],
```

```
      false
    FROM graph g
  UNION ALL
    SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1,
      path || g.id,
      g.id = ANY(path)
    FROM graph g, search_graph sg
    WHERE g.id = sg.link AND NOT cycle
)
SELECT * FROM search_graph;
```

Помимо предотвращения циклов, значения массива часто бывают полезны сами по себе для представления «пути», приведшего к определённой строке.

В общем случае, когда для выявления цикла нужно проверять несколько полей, следует использовать массив строк. Например, если нужно сравнить поля `f1` и `f2`:

```
WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth, path, cycle) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1,
      ARRAY[ROW(g.f1, g.f2)],
      false
    FROM graph g
  UNION ALL
    SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1,
      path || ROW(g.f1, g.f2),
      ROW(g.f1, g.f2) = ANY(path)
    FROM graph g, search_graph sg
    WHERE g.id = sg.link AND NOT cycle
)
SELECT * FROM search_graph;
```

Подсказка

Часто для выявления цикла достаточно одного поля, и тогда `ROW()` можно опустить. При этом будет использоваться не массив данных составного типа, а простой массив, что более эффективно.

Подсказка

Этот алгоритм рекурсивного вычисления запроса выдаёт в результате узлы, упорядоченные «сначала в ширину». Чтобы получить результаты, отсортированные в порядке «сначала в глубину», можно добавить во внешний запрос `ORDER BY` по столбцу «path», полученному, как показано выше.

Для тестирования запросов, которые могут зацикливаться, есть хороший приём — добавить `LIMIT` в родительский запрос. Например, следующий запрос зациклится, если не добавить предложение `LIMIT`:

```
WITH RECURSIVE t(n) AS (
    SELECT 1
  UNION ALL
    SELECT n+1 FROM t
)
SELECT n FROM t LIMIT 100;
```

Но в данном случае этого не происходит, так как в PostgreSQL запрос `WITH` выдаёт столько строк, сколько фактически принимает родительский запрос. В производственной среде использовать этот приём не рекомендуется, так как другие системы могут вести себя по-другому. Кроме того, это не будет работать, если внешний запрос сортирует результаты рекурсивного запроса или соединяет их с другой таблицей, так как в подобных случаях внешний запрос обычно всё равно выбирает результат запроса `WITH` полностью.

Запросы `WITH` имеют полезное свойство — обычно они вычисляются только раз для всего родительского запроса, даже если этот запрос или соседние запросы `WITH` обращаются к ним неоднократно. Таким образом, сложные вычисления, результаты которых нужны в нескольких местах, можно выносить в запросы `WITH` в целях оптимизации. Кроме того, такие запросы позволяют избежать нежелательных вычислений функций с побочными эффектами. Однако есть и обратная сторона — оптимизатор не может распространить ограничения родительского запроса на неоднократно задействуемый запрос `WITH`, так как это может повлиять на использование результата `WITH` во всех местах, тогда как должно повлиять только в одном. Многократно задействуемый запрос `WITH` будет выполняться буквально и возвращать все строки, включая те, что потом может отбросить родительский запрос. (Но как было сказано выше, вычисление может остановиться раньше, если в ссылке на этот запрос затребуется только ограниченное число строк.)

Однако если запрос `WITH` является нерекурсивным и свободным от побочных эффектов (то есть это `SELECT`, не вызывающий изменчивых функций), он может быть свёрнут в родительский запрос, что позволит оптимизировать совместно два уровня запросов. По умолчанию это происходит, только если запрос `WITH` задействуется в родительском запросе всего в одном месте, а не в нескольких. Это поведение можно переопределить, добавив указание `MATERIALIZED`, чтобы выделить вычисление запроса `WITH`, или указание `NOT MATERIALIZED`, чтобы принудительно свернуть его в родительский запрос. В последнем случае возникает риск многократного вычисления запроса `WITH`, но в итоге это может быть выгодно, если в каждом случае использования `WITH` из всего результата запроса остаётся только небольшая часть.

Простой пример для демонстрации этих правил:

```
WITH w AS (
    SELECT * FROM big_table
)
SELECT * FROM w WHERE key = 123;
```

Этот запрос `WITH` будет свёрнут в родительский и будет выполнен с тем же планом, что и запрос:

```
SELECT * FROM big_table WHERE key = 123;
```

В частности, если в таблице создан индекс по столбцу `key`, он может использоваться для получения строк с `key = 123`. В другом случае:

```
WITH w AS (
    SELECT * FROM big_table
)
SELECT * FROM w AS w1 JOIN w AS w2 ON w1.key = w2.ref
WHERE w2.key = 123;
```

запрос `WITH` будет материализован, то есть создастся временная копия таблицы `big_table`, которая будет соединена с собой же, без использования какого-либо индекса. Этот запрос будет выполняться гораздо эффективнее в таком виде:

```
WITH w AS NOT MATERIALIZED (
    SELECT * FROM big_table
)
SELECT * FROM w AS w1 JOIN w AS w2 ON w1.key = w2.ref
WHERE w2.key = 123;
```

В этом случае ограничения родительского запроса могут применяться непосредственно при сканировании `big_table`.

Пример, в котором вариант `NOT MATERIALIZED` может быть нежелательным:

```
WITH w AS (
```

```
    SELECT key, very_expensive_function(val) as f FROM some_table
)
SELECT * FROM w AS w1 JOIN w AS w2 ON w1.f = w2.f;
```

В данном случае благодаря материализации запроса `WITH` ресурсоёмкая функция `very_expensive_function` вычисляется только один раз для строки таблицы, а не дважды.

Примеры выше показывают только предложение `WITH` с `SELECT`, но таким же образом его можно использовать с командами `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. В каждом случае он по сути создаёт временную таблицу, к которой можно обратиться в основной команде.

7.8.2. Изменение данных в `WITH`

В предложении `WITH` можно также использовать операторы, изменяющие данные (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`). Это позволяет выполнять в одном запросе сразу несколько разных операций. Например:

```
WITH moved_rows AS (
    DELETE FROM products
    WHERE
        "date" >= '2010-10-01' AND
        "date" < '2010-11-01'
    RETURNING *
)
INSERT INTO products_log
SELECT * FROM moved_rows;
```

Этот запрос фактически перемещает строки из `products` в `products_log`. Оператор `DELETE` в `WITH` удаляет указанные строки из `products` и возвращает их содержимое в предложении `RETURNING`; а затем главный запрос читает это содержимое и вставляет в таблицу `products_log`.

Следует заметить, что предложение `WITH` в данном случае присоединяется к оператору `INSERT`, а не к `SELECT`, вложенному в `INSERT`. Это необходимо, так как `WITH` может содержать операторы, изменяющие данные, только на верхнем уровне запроса. Однако при этом применяются обычные правила видимости `WITH`, так что к результату `WITH` можно обратиться и из вложенного оператора `SELECT`.

Операторы, изменяющие данные, в `WITH` обычно дополняются предложением `RETURNING` (см. Раздел 6.4), как показано в этом примере. Важно понимать, что временная таблица, которую можно будет использовать в остальном запросе, создаётся из результата `RETURNING`, а *не* целевой таблицы оператора. Если оператор, изменяющий данные, в `WITH` не дополнен предложением `RETURNING`, временная таблица не создаётся и обращаться к ней в остальном запросе нельзя. Однако такой запрос всё равно будет выполнен. Например, допустим следующий не очень практичный запрос:

```
WITH t AS (
    DELETE FROM foo
)
DELETE FROM bar;
```

Он удалит все строки из таблиц `foo` и `bar`. При этом число задействованных строк, которое получит клиент, будет подсчитываться только по строкам, удалённым из `bar`.

Рекурсивные ссылки в операторах, изменяющих данные, не допускаются. В некоторых случаях это ограничение можно обойти, обратившись к конечному результату рекурсивного `WITH`, например так:

```
WITH RECURSIVE included_parts(sub_part, part) AS (
    SELECT sub_part, part FROM parts WHERE part = 'our_product'
  UNION ALL
    SELECT p.sub_part, p.part
    FROM included_parts pr, parts p
```

```
    WHERE p.part = pr.sub_part
)
DELETE FROM parts
  WHERE part IN (SELECT part FROM included_parts);
```

Этот запрос удаляет все непосредственные и косвенные составные части продукта.

Операторы, изменяющие данные в `WITH`, выполняются только один раз и всегда полностью, вне зависимости от того, принимает ли их результат основной запрос. Заметьте, что это отличается от поведения `SELECT` в `WITH`: как говорилось в предыдущем разделе, `SELECT` выполняется только до тех пор, пока его результаты востребованы основным запросом.

Вложенные операторы в `WITH` выполняются одновременно друг с другом и с основным запросом. Таким образом, порядок, в котором операторы в `WITH` будут фактически изменять данные, непредсказуем. Все эти операторы выполняются с одним *снимком данных* (см. Главу 13), так что они не могут «видеть», как каждый из них меняет целевые таблицы. Это уменьшает эффект непредсказуемости фактического порядка изменения строк и означает, что `RETURNING` — единственный вариант передачи изменений от вложенных операторов `WITH` основному запросу. Например, в данном случае:

```
WITH t AS (
    UPDATE products SET price = price * 1.05
    RETURNING *
)
SELECT * FROM products;
```

внешний оператор `SELECT` выдаст цены, которые были до действия `UPDATE`, тогда как в запросе

```
WITH t AS (
    UPDATE products SET price = price * 1.05
    RETURNING *
)
SELECT * FROM t;
```

внешний `SELECT` выдаст изменённые данные.

Неоднократное изменение одной и той же строки в рамках одного оператора не поддерживается. Иметь место будет только одно из нескольких изменений и надёжно определить, какое именно, часто довольно сложно (а иногда и вовсе невозможно). Это так же касается случая, когда строка удаляется и изменяется в том же операторе: в результате может быть выполнено только обновление. Поэтому в общем случае следует избегать подобного наложения операций. В частности, избегайте подзапросов `WITH`, которые могут повлиять на строки, изменяемые основным оператором или операторами, вложенные в него. Результат действия таких запросов будет непредсказуемым.

В настоящее время, для оператора, изменяющего данные в `WITH`, в качестве целевой нельзя использовать таблицу, для которой определено условное правило или правило `ALSO` или `INSTEAD`, если оно состоит из нескольких операторов.

Глава 8. Типы данных

PostgreSQL предоставляет пользователям богатый ассортимент встроенных типов данных. Кроме того, пользователи могут создавать свои типы в PostgreSQL, используя команду CREATE TYPE.

Таблица 8.1 содержит все встроенные типы данных общего пользования. Многие из альтернативных имён, приведённых в столбце «Псевдонимы», используются внутри PostgreSQL по историческим причинам. В этот список не включены некоторые устаревшие типы и типы для внутреннего применения.

Таблица 8.1. Типы данных

Имя	Псевдонимы	Описание
`bigint`	`int8`	знаковое целое из 8 байт
`bigserial`	`serial8`	восьмибайтное целое с автоувеличением
`bit [ (n) ]`		битовая строка фиксированной длины
`bit varying [ (n) ]`	`varbit [ (n) ]`	битовая строка переменной длины
`boolean`	`bool`	логическое значение (true/false)
`box`		прямоугольник в плоскости
`bytea`		двоичные данные («массив байт»)
`character [ (n) ]`	`char [ (n) ]`	символьная строка фиксированной длины
`character varying [ (n) ]`	`varchar [ (n) ]`	символьная строка переменной длины
`cidr`		сетевой адрес IPv4 или IPv6
`circle`		круг в плоскости
`date`		календарная дата (год, месяц, день)
`double precision`	`float`, `float8`	число двойной точности с плавающей точкой (8 байт)
`inet`		адрес узла IPv4 или IPv6
`integer`	`int`, `int4`	знаковое четырёхбайтное целое
`interval [ поля ] [ (p) ]`		интервал времени
`json`		текстовые данные JSON
`jsonb`		двоичные данные JSON, разобранные
`line`		прямая в плоскости
`lseg`		отрезок в плоскости
`macaddr`		MAC-адрес
`macaddr8`		адрес MAC (Media Access Control) (в формате EUI-64)
`money`		денежная сумма
`numeric [ (p, s) ]`	`decimal [ (p, s) ]`	вещественное число заданной точности
`path`		геометрический путь в плоскости
`pg_lsn`		последовательный номер в журнале PostgreSQL
`pg_snapshot`		снимок идентификатора транзакций

Имя	**Псевдонимы**	**Описание**
point		геометрическая точка в плоскости
polygon		замкнутый геометрический путь в плоскости
real	float4	число одинарной точности с плавающей точкой (4 байта)
smallint	int2	знаковое двухбайтное целое
smallserial	serial2	двухбайтное целое с автоувеличением
serial	serial4	четырёхбайтное целое с автоувеличением
text		символьная строка переменной длины
time [(*p*)] [without time zone]		время суток (без часового пояса)
time [(*p*)] with time zone	timetz	время суток с учётом часового пояса
timestamp [(*p*)] [without time zone]		дата и время (без часового пояса)
timestamp [(*p*)] with time zone	timestamptz	дата и время с учётом часового пояса
tsquery		запрос текстового поиска
tsvector		документ для текстового поиска
txid_snapshot		снимок идентификаторов транзакций для пользовательского уровня (устаревший тип; см. pg_snapshot)
uuid		универсальный уникальный идентификатор
xml		XML-данные

Совместимость

В стандарте SQL описаны следующие типы (или их имена): bigint, bit, bit varying, boolean, char, character varying, character, varchar, date, double precision, integer, interval, numeric, decimal, real, smallint, time (с часовым поясом и без), timestamp (с часовым поясом и без), xml.

Каждый тип данных имеет внутреннее представление, скрытое функциями ввода и вывода. При этом многие встроенные типы стандартны и имеют очевидные внешние форматы. Однако есть типы, уникальные для PostgreSQL, например геометрические пути, и есть типы, которые могут иметь разные форматы, например, дата и время. Некоторые функции ввода и вывода не являются в точности обратными друг к другу, то есть результат функции вывода может не совпадать со входным значением из-за потери точности.

8.1. Числовые типы

Числовые типы включают двух-, четырёх- и восьмибайтные целые, четырёх- и восьмибайтные числа с плавающей точкой, а также десятичные числа с задаваемой точностью. Все эти типы перечислены в Таблице 8.2.

Таблица 8.2. Числовые типы

Имя	Размер	Описание	Диапазон
`smallint`	2 байта	целое в небольшом диапазоне	-32768 .. +32767
`integer`	4 байта	типичный выбор для целых чисел	-2147483648 .. +2147483647
`bigint`	8 байт	целое в большом диапазоне	-9223372036854775808 .. 9223372036854775807
`decimal`	переменный	вещественное число с указанной точностью	до 131072 цифр до десятичной точки и до 16383 — после
`numeric`	переменный	вещественное число с указанной точностью	до 131072 цифр до десятичной точки и до 16383 — после
`real`	4 байта	вещественное число с переменной точностью	точность в пределах 6 десятичных цифр
`double precision`	8 байт	вещественное число с переменной точностью	точность в пределах 15 десятичных цифр
`smallserial`	2 байта	небольшое целое с автоувеличением	1 .. 32767
`serial`	4 байта	целое с автоувеличением	1 .. 2147483647
`bigserial`	8 байт	большое целое с автоувеличением	1 .. 9223372036854775807

Синтаксис констант числовых типов описан в Подразделе 4.1.2. Для этих типов определён полный набор соответствующих арифметических операторов и функций. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 9. Подробнее эти типы описаны в следующих разделах.

8.1.1. Целочисленные типы

Типы `smallint`, `integer` и `bigint` хранят целые числа, то есть числа без дробной части, имеющие разные допустимые диапазоны. Попытка сохранить значение, выходящее за рамки диапазона, приведёт к ошибке.

Чаще всего используется тип `integer`, как наиболее сбалансированный выбор ширины диапазона, размера и быстродействия. Тип `smallint` обычно применяется, только когда крайне важно уменьшить размер данных на диске. Тип `bigint` предназначен для тех случаев, когда числа не умещаются в диапазон типа `integer`.

В SQL определены только типы `integer` (или `int`), `smallint` и `bigint`. Имена типов `int2`, `int4` и `int8` выходят за рамки стандарта, хотя могут работать и в некоторых других СУБД.

8.1.2. Числа с произвольной точностью

Тип `numeric` позволяет хранить числа с очень большим количеством цифр. Он особенно рекомендуется для хранения денежных сумм и других величин, где важна точность. Вычисления с типом `numeric` дают точные результаты, где это возможно, например, при сложении, вычитании и умножении. Однако операции со значениями `numeric` выполняются гораздо медленнее, чем с целыми числами или с типами с плавающей точкой, описанными в следующем разделе.

Ниже мы используем следующие термины: *масштаб* значения `numeric` определяет количество десятичных цифр в дробной части, справа от десятичной точки, а *точность* — общее количество значимых цифр в числе, т. е. количество цифр по обе стороны десятичной точки. Например, число 23.5141 имеет точность 6 и масштаб 4. Целочисленные значения можно считать числами с масштабом 0.

Для столбца типа `numeric` можно настроить и максимальную точность, и максимальный масштаб. Столбец типа `numeric` объявляется следующим образом:

```
NUMERIC(точность, масштаб)
```

Точность должна быть положительной, а масштаб положительным или равным нулю. Альтернативный вариант

```
NUMERIC(точность)
```

устанавливает масштаб 0. Форма:

```
NUMERIC
```

без указания точности и масштаба создаёт столбец, в котором можно сохранять числовые значения любой точности и масштаба в пределах, поддерживаемых системой. В столбце этого типа входные значения не будут приводиться к какому-либо масштабу, тогда как в столбцах `numeric` с явно заданным масштабом значения подгоняются под этот масштаб. (Стандарт SQL утверждает, что по умолчанию должен устанавливаться масштаб 0, т. е. значения должны приводиться к целым числам. Однако мы считаем это не очень полезным. Если для вас важна переносимость, всегда указывайте точность и масштаб явно.)

> ## Примечание
>
> Максимально допустимая точность, которую можно указать в объявлении типа, равна 1000; если же использовать `NUMERIC` без указания точности, действуют ограничения, описанные в Таблице 8.2.

Если масштаб значения, которое нужно сохранить, превышает объявленный масштаб столбца, система округлит его до заданного количества цифр после точки. Если же после этого количество цифр слева в сумме с масштабом превысит объявленную точность, произойдёт ошибка.

Числовые значения физически хранятся без каких-либо дополняющих нулей слева или справа. Таким образом, объявляемые точность и масштаб столбца определяют максимальный, а не фиксированный размер хранения. (В этом смысле тип `numeric` больше похож на тип `varchar(n)`, чем на `char(n)`.) Действительный размер хранения такого значения складывается из двух байт для каждой группы из четырёх цифр и дополнительных трёх-восьми байт.

Помимо обычных чисел тип `numeric` позволяет сохранить специальное значение `NaN`, что означает «not-a-number» (не число). Любая операция с `NaN` выдаёт в результате тоже `NaN`. Записывая это значение в виде константы в команде SQL, его нужно заключать в апострофы, например так: `UPDATE table SET x = 'NaN'`. Регистр символов в строке `NaN` не важен.

> ## Примечание
>
> В большинстве реализаций «не число» (`NaN`) считается не равным любому другому значению (в том числе и самому `NaN`). Чтобы значения `numeric` можно было сортировать и использовать в древовидных индексах, PostgreSQL считает, что значения `NaN` равны друг другу и при этом больше любых числовых значений (не `NaN`).

Типы `decimal` и `numeric` равнозначны. Оба эти типа описаны в стандарте SQL.

При округлении значений тип `numeric` выдаёт число, большее по модулю, тогда как (на большинстве платформ) типы `real` и `double precision` выдают ближайшее чётное число. Например:

```
SELECT x,
  round(x::numeric) AS num_round,
  round(x::double precision) AS dbl_round
FROM generate_series(-3.5, 3.5, 1) as x;
```

```
  x   | num_round | dbl_round
------+-----------+-----------
 -3.5 |        -4 |        -4
 -2.5 |        -3 |        -2
 -1.5 |        -2 |        -2
 -0.5 |        -1 |        -0
  0.5 |         1 |         0
  1.5 |         2 |         2
  2.5 |         3 |         2
  3.5 |         4 |         4
(8 rows)
```

8.1.3. Типы с плавающей точкой

Типы данных `real` и `double precision` хранят приближённые числовые значения с переменной точностью. На всех поддерживаемых в настоящее время платформах эти типы реализуют стандарт IEEE 754 для двоичной арифметики с плавающей точкой (с одинарной и двойной точностью соответственно), в той мере, в какой его поддерживают процессор, операционная система и компилятор.

Неточность здесь выражается в том, что некоторые значения, которые нельзя преобразовать во внутренний формат, сохраняются приближённо, так что полученное значение может несколько отличаться от записанного. Управление подобными ошибками и их распространение в процессе вычислений является предметом изучения целого раздела математики и компьютерной науки, и здесь не рассматривается. Мы отметим только следующее:

- Если вам нужна точность при хранении и вычислениях (например, для денежных сумм), используйте вместо этого тип `numeric`.
- Если вы хотите выполнять с этими типами сложные вычисления, имеющие большую важность, тщательно изучите реализацию операций в вашей среде и особенно поведение в крайних случаях (бесконечность, антипереполнение).
- Проверка равенства двух чисел с плавающей точкой может не всегда давать ожидаемый результат.

На всех поддерживаемых сейчас платформах тип `real` может сохранить значения примерно от 1E-37 до 1E+37 с точностью не меньше 6 десятичных цифр. Тип `double precision` предлагает значения в диапазоне приблизительно от 1E-307 до 1E+308 и с точностью не меньше 15 цифр. Попытка сохранить слишком большие или слишком маленькие значения приведёт к ошибке. Если точность вводимого числа слишком велика, оно будет округлено. При попытке сохранить число, близкое к 0, но непредставимое как отличное от 0, произойдёт ошибка антипереполнения.

По умолчанию числа с плавающей точкой выводятся в текстовом виде в кратчайшем точном десятичном представлении; выводимое десятичное значение оказывается более близким к изначальному двоичному числу, чем любое другое значение, представимое с той же двоичной точностью. (Однако выводимое значение в текущей реализации никогда не находится *точно* посередине между двумя представимыми двоичными значениями, во избежание распространённой ошибки с функциями ввода, не учитывающими корректно правило округления до ближайшего чётного.) Выводимое значение может занимать не больше 17 значащих десятичных цифр для типа `float8` и не больше 9 цифр для типа `float4`.

> **Примечание**
>
> Преобразование в кратчайший точный вид производится гораздо быстрее, чем в традиционное представление с округлением.

Для совместимости с результатами, выдаваемыми старыми версиями PostgreSQL, и уменьшения точности выводимых чисел, когда это требуется, в параметре extra_float_digits можно выбрать также вариант округлённого десятичного вывода. Со значением 0 восстанавливается действовавшее ранее по умолчанию округление числа до 6 (для типа `float4`) или 15 (для `float8`) значащих десятичных цифр. При отрицательных значениях число значащих цифр уменьшается дополнительно; например, при -2 результат будет округлён до 4 или 13 цифр, соответственно.

При любом значении extra_float_digits, большем 0, выбирается кратчайшее точное представление.

> **Примечание**
>
> Приложения, которым были нужны точные числовые значения, раньше задавали для параметра extra_float_digits значение 3, чтобы получить их. Они могут продолжать использовать это значение для максимальной совместимости с разными версиями.

В дополнение к обычным числовым значениям типы с плавающей точкой принимают следующие специальные значения:

```
Infinity
-Infinity
NaN
```

Они представляют особые значения, описанные в IEEE 754, соответственно «бесконечность», «минус бесконечность» и «не число». Записывая эти значения в виде констант в команде SQL, их нужно заключать в апострофы, например так: `UPDATE table SET x = '-Infinity'`. Регистр символов в этих строках не важен.

> **Примечание**
>
> Согласно IEEE754, `NaN` не должно считаться равным любому другому значению с плавающей точкой (в том числе и самому `NaN`). Чтобы значения с плавающей точкой можно было сортировать и использовать в древовидных индексах, PostgreSQL считает, что значения `NaN` равны друг другу, и при этом больше любых числовых значений (не `NaN`).

PostgreSQL также поддерживает форматы `float` и `float(p)`, оговорённые в стандарте SQL, для указания неточных числовых типов. Здесь *p* определяет минимально допустимую точность в *двоичных* цифрах. PostgreSQL воспринимает запись от `float(1)` до `float(24)` как выбор типа `real`, а запись от `float(25)` до `float(53)` как выбор типа `double precision`. Значения *p* вне допустимого диапазона вызывают ошибку. Если `float` указывается без точности, подразумевается тип `double precision`.

8.1.4. Последовательные типы

> **Примечание**
>
> В этом разделе описывается специфичный для PostgreSQL способ создания столбца с автоувеличением. Другой способ, соответствующий стандарту SQL, заключается в использовании столбцов идентификации и рассматривается в описании CREATE TABLE.

Типы данных `smallserial`, `serial` и `bigserial` не являются настоящими типами, а представляют собой просто удобное средство для создания столбцов с уникальными идентификаторами (подобное свойству `AUTO_INCREMENT` в некоторых СУБД). В текущей реализации запись:

```
CREATE TABLE имя_таблицы (
    имя_столбца SERIAL
);
```

равнозначна следующим командам:

```
CREATE SEQUENCE имя_таблицы_имя_столбца_seq AS integer;
CREATE TABLE имя_таблицы (
    имя_столбца integer NOT NULL DEFAULT nextval('имя_таблицы_имя_столбца_seq')
);
ALTER SEQUENCE имя_таблицы_имя_столбца_seq OWNED BY имя_таблицы.имя_столбца;
```

То есть при определении такого типа создаётся целочисленный столбец со значением по умолчанию, извлекаемым из генератора последовательности. Чтобы в столбец нельзя было вставить NULL, в его определение добавляется ограничение `NOT NULL`. (Во многих случаях также имеет смысл добавить для этого столбца ограничения `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` для защиты от ошибочного добавления дублирующихся значений, но автоматически это не происходит.) Последняя команда определяет, что последовательность «принадлежит» столбцу, так что она будет удалена при удалении столбца или таблицы.

> **Примечание**
>
> Так как типы `smallserial`, `serial` и `bigserial` реализованы через последовательности, в числовом ряду значений столбца могут образовываться пропуски (или «дыры»), даже если никакие строки не удалялись. Значение, выделенное из последовательности, считается «задействованным», даже если строку с этим значением не удалось вставить в таблицу. Это может произойти, например, при откате транзакции, добавляющей данные. См. описание `nextval()` в Разделе 9.17.

Чтобы вставить в столбец `serial` следующее значение последовательности, ему нужно присвоить значение по умолчанию. Это можно сделать, либо исключив его из списка столбцов в операторе `INSERT`, либо с помощью ключевого слова `DEFAULT`.

Имена типов `serial` и `serial4` равнозначны: они создают столбцы `integer`. Так же являются синонимами имена `bigserial` и `serial8`, но они создают столбцы `bigint`. Тип `bigserial` следует использовать, если за всё время жизни таблицы планируется использовать больше чем 2^{31} значений. И наконец, синонимами являются имена типов `smallserial` и `serial2`, но они создают столбец `smallint`.

Последовательность, созданная для столбца `serial`, автоматически удаляется при удалении связанного столбца. Последовательность можно удалить и отдельно от столбца, но при этом также будет удалено определение значения по умолчанию.

8.2. Денежные типы

Тип `money` хранит денежную сумму с фиксированной дробной частью; см. Таблицу 8.3. Точность дробной части определяется на уровне базы данных параметром lc_monetary. Для диапазона, показанного в таблице, предполагается, что число содержит два знака после запятой. Входные данные могут быть записаны по-разному, в том числе в виде целых и дробных чисел, а также в виде строки в денежном формате, например `'$1,000.00'`. Выводятся эти значения обычно в денежном формате, зависящем от региональных стандартов.

Таблица 8.3. Денежные типы

Имя	Размер	Описание	Диапазон
`money`	8 байт	денежная сумма	-92233720368547758.08 .. +92233720368547758.07

Так как выводимые значения этого типа зависят от региональных стандартов, попытка загрузить данные типа `money` в базу данных с другим параметром `lc_monetary` может быть неудачной. Во избежание подобных проблем, прежде чем восстанавливать копию в новую базу данных, убедитесь в том, что параметр `lc_monetary` в этой базе данных имеет то же значение, что и в исходной.

Значения типов `numeric`, `int` и `bigint` можно привести к типу `money`. Преобразования типов `real` и `double precision` так же возможны через тип `numeric`, например:

```
SELECT '12.34'::float8::numeric::money;
```

Однако использовать числа с плавающей точкой для денежных сумм не рекомендуется из-за возможных ошибок округления.

Значение `money` можно привести к типу `numeric` без потери точности. Преобразование в другие типы может быть неточным и также должно выполняться в два этапа:

```
SELECT '52093.89'::money::numeric::float8;
```

При делении значения типа `money` на целое число выполняется отбрасывание дробной части и получается целое, ближайшее к нулю. Чтобы получить результат с округлением, выполните деление значения с плавающей точкой или приведите значение типа `money` к `numeric` до деления, а затем приведите результат к типу `money`. (Последний вариант предпочтительнее, так как исключает риск потери точности.) Когда значение `money` делится на другое значение `money`, результатом будет значение типа `double precision` (то есть просто число, не денежная величина); денежные единицы измерения при делении сокращаются.

8.3. Символьные типы

Таблица 8.4. Символьные типы

Имя	Описание
`character varying(` *n*`)`, `varchar(` *n*`)`	строка ограниченной переменной длины
`character(` *n*`)`, `char(` *n*`)`	строка фиксированной длины, дополненная пробелами
`text`	строка неограниченной переменной длины

В Таблице 8.4 перечислены символьные типы общего назначения, доступные в PostgreSQL.

SQL определяет два основных символьных типа: `character varying(n)` и `character(n)`, где *n* — положительное число. Оба эти типа могут хранить текстовые строки длиной до *n* символов (не байт). Попытка сохранить в столбце такого типа более длинную строку приведёт к ошибке, если только все лишние символы не являются пробелами (тогда они будут усечены до максимально допустимой длины). (Это несколько странное исключение продиктовано стандартом SQL.) Если длина сохраняемой строки оказывается меньше объявленной, значения типа `character` будут дополнятся пробелами; а тип `character varying` просто сохранит короткую строку.

При попытке явно привести значение к типу `character varying(n)` или `character(n)`, часть строки, выходящая за границу в *n* символов, удаляется, не вызывая ошибки. (Это также продиктовано стандартом SQL.)

Записи `varchar(n)` и `char(n)` являются синонимами `character varying(n)` и `character(n)` соответственно. Если *n* задано, оно должно быть больше нуля и меньше или равно 10485760. Записи `character` без указания длины соответствует `character(1)`. Если же длина не указывается для `character varying`, этот тип будет принимать строки любого размера. Это поведение является расширением PostgreSQL.

Помимо этого, PostgreSQL предлагает тип `text`, в котором можно хранить строки произвольной длины. Хотя тип `text` не описан в стандарте SQL, его поддерживают и некоторые другие СУБД SQL.

Значения типа `character` физически дополняются пробелами до *n* символов и хранятся, а затем отображаются в таком виде. Однако при сравнении двух значений типа `character` дополняющие пробелы считаются незначащими и игнорируются. С правилами сортировки, где пробельные символы являются значащими, это поведение может приводить к неожиданным результатам, например `SELECT 'a '::CHAR(2) collate "C" < E'a\n'::CHAR(2)` вернёт true (условие будет истинным), хотя в локали C символ пробела считается больше символа новой строки. При приведении значения `character` к другому символьному типу дополняющие пробелы отбрасываются. Заметьте, что эти пробелы *несут* смысловую нагрузку в типах `character varying` и `text` и в проверках по шаблонам, то есть в `LIKE` и регулярных выражениях.

Какие именно символы можно сохранить в этих типах данных, зависит от того, какой набор символов был выбран при создании базы данных. Однако символ с кодом 0 (иногда называемый NUL) сохранить нельзя, вне зависимости от выбранного набора символов. За подробностями обратитесь к Разделу 23.3.

Для хранения короткой строки (до 126 байт) требуется дополнительный 1 байт плюс размер самой строки, включая дополняющие пробелы для типа `character`. Для строк длиннее требуется не 1, а 4 дополнительных байта. Система может автоматически сжимать длинные строки, так что физический размер на диске может быть меньше. Очень длинные текстовые строки переносятся в отдельные таблицы, чтобы они не замедляли работу с другими столбцами. В любом случае максимально возможный размер строки составляет около 1 ГБ. (Допустимое значение *n* в объявлении типа данных меньше этого числа. Это объясняется тем, что в зависимости от кодировки каждый символ может занимать несколько байт. Если вы желаете сохранять строки без определённого предела длины, используйте типы `text` или `character varying` без указания длины, а не задавайте какое-либо большое максимальное значение.)

Подсказка

По быстродействию эти три типа практически не отличаются друг от друга, не считая большего размера хранения для типа с дополняющими пробелами и нескольких машинных операций для проверки длины при сохранении строк в столбце с ограниченной длиной. Хотя в некоторых СУБД тип `character(n)` работает быстрее других, в PostgreSQL это не так; на деле `character(n)` обычно оказывается медленнее остальных типов из-за большего размера данных и более медленной сортировки. В большинстве случаев вместо него лучше применять `text` или `character varying`.

За информацией о синтаксисе строковых констант обратитесь к Подразделу 4.1.2.1, а об имеющихся операторах и функциях вы можете узнать в Главе 9.

Пример 8.1. Использование символьных типов

```
CREATE TABLE test1 (a character(4));
INSERT INTO test1 VALUES ('ok');
SELECT a, char_length(a) FROM test1; -- 1

  a   | char_length
------+-------------
 ok   |           2


CREATE TABLE test2 (b varchar(5));
INSERT INTO test2 VALUES ('ok');
INSERT INTO test2 VALUES ('good      ');
INSERT INTO test2 VALUES ('too long');
ОШИБКА:  значение не умещается в тип character varying(5)
INSERT INTO test2 VALUES ('too long'::varchar(5)); -- явное усечение
SELECT b, char_length(b) FROM test2;

   b   | char_length
-------+-------------
 ok    |           2
 good  |           5
```

```
 too l |            5
```

1 Функция `char_length` рассматривается в Разделе 9.4.

В PostgreSQL есть ещё два символьных типа фиксированной длины, приведённые в Таблице 8.5. Тип `name` создан *только* для хранения идентификаторов во внутренних системных таблицах и не предназначен для обычного применения пользователями. В настоящее время его длина составляет 64 байта (63 ASCII-символа плюс конечный знак), но в исходном коде `C` она задаётся константой `NAMEDATALEN`. Эта константа определяется во время компиляции (и её можно менять в особых случаях), а кроме того, максимальная длина по умолчанию может быть увеличена в следующих версиях. Тип `"char"` (обратите внимание на кавычки) отличается от `char(1)` тем, что он фактически хранится в одном байте. Он используется во внутренних системных таблицах для простых перечислений.

Таблица 8.5. Специальные символьные типы

Имя	Размер	Описание
`"char"`	1 байт	внутренний однобайтный тип
`name`	64 байта	внутренний тип для имён объектов

8.4. Двоичные типы данных

Для хранения двоичных данных предназначен тип `bytea`; см. Таблицу 8.6.

Таблица 8.6. Двоичные типы данных

Имя	Размер	Описание
`bytea`	1 или 4 байта плюс сама двоичная строка	двоичная строка переменной длины

Двоичные строки представляют собой последовательность октетов (байт) и имеют два отличия от текстовых строк. Во-первых, в двоичных строках можно хранить байты с кодом 0 и другими «непечатаемыми» значениями (обычно это значения вне десятичного диапазона 32..126). В текстовых строках нельзя сохранять нулевые байты, а также значения и последовательности значений, не соответствующие выбранной кодировке базы данных. Во-вторых, в операциях с двоичными строками обрабатываются байты в чистом виде, тогда как текстовые строки обрабатываются в зависимости от языковых стандартов. То есть, двоичные строки больше подходят для данных, которые программист видит как «просто байты», а символьные строки — для хранения текста.

Тип `bytea` поддерживает два формата ввода и вывода: «шестнадцатеричный» и традиционный для PostgreSQL формат «спецпоследовательностей». Входные данные принимаются в обоих форматах, а формат выходных данных зависит от параметра конфигурации bytea_output; по умолчанию выбран шестнадцатеричный. (Заметьте, что шестнадцатеричный формат был введён в PostgreSQL 9.0; в ранних версиях и некоторых программах он не будет работать.)

Стандарт SQL определяет другой тип двоичных данных, `BLOB` (`BINARY LARGE OBJECT`, большой двоичный объект). Его входной формат отличается от форматов `bytea`, но функции и операторы в основном те же.

8.4.1. Шестнадцатеричный формат bytea

В «шестнадцатеричном» формате двоичные данные кодируются двумя шестнадцатеричными цифрами на байт, при этом первая цифра соответствует старшим 4 битам. К полученной строке добавляется префикс `\x` (чтобы она отличалась от формата спецпоследовательности). В некоторых контекстах обратную косую черту нужно экранировать, продублировав её (см. Подраздел 4.1.2.1). Вводимые шестнадцатеричные цифры могут быть в любом регистре, а между парами цифр допускаются пробельные символы (но не внутри пары и не в начале последовательности `\x`). Этот формат совместим со множеством внешних приложений и протоколов, к тому же обычно преобразуется быстрее, поэтому предпочтительнее использовать его.

Пример:

```
SET bytea_output = 'hex';

SELECT '\xDEADBEEF'::bytea;
   bytea
------------
 \xdeadbeef
```

8.4.2. Формат спецпоследовательностей bytea

Формат «спецпоследовательностей» традиционно использовался в PostgreSQL для значений типа `bytea`. В нём двоичная строка представляется в виде последовательности ASCII-символов, а байты, непредставимые в виде ASCII-символов, передаются в виде спецпоследовательностей. Этот формат может быть удобен, если с точки зрения приложения представление байт в виде символов имеет смысл. Но на практике это обычно создаёт путаницу, так как двоичные и символьные строки могут выглядеть одинаково, а кроме того выбранный механизм спецпоследовательностей довольно неуклюж. Поэтому в новых приложениях этот формат обычно не стоит использовать.

Передавая значения `bytea` в формате спецпоследовательности, байты с определёнными значениями *необходимо* записывать специальным образом, хотя так *можно* записывать и все значения. В общем виде для этого значение байта нужно преобразовать в трёхзначное восьмеричное число и добавить перед ним обратную косую черту. Саму обратную косую черту (символ с десятичным кодом 92) можно записать в виде двух таких символов. В Таблице 8.7 перечислены символы, которые нужно записывать спецпоследовательностями, и приведены альтернативные варианты записи, если они возможны.

Таблица 8.7. Спецпоследовательности записи значений bytea

Десятичное значение байта	Описание	Спецпоследовательность ввода	Пример	Шестнадцатеричное представление
0	нулевой байт	`'\000'`	`'\000'::bytea`	`\x00`
39	апостроф	`''''` или `'\047'`	`''''::bytea`	`\x27`
92	обратная косая черта	`'\\'` или `'\134'`	`'\\'::bytea`	`\x5c`
от 0 до 31 и от 127 до 255	«непечатаемые» байты	`E'\\`*`xxx`*`'` (восьмеричное значение)	`'\001'::bytea`	`\x01`

Требования экранирования *непечатаемых* символов определяются языковыми стандартами. Иногда такие символы могут восприниматься и без спецпоследовательностей.

Апострофы должны дублироваться, как показано в Таблице 8.7, потому что это обязательно для любой текстовой строки в команде SQL. При общем разборе текстовой строки внешние апострофы убираются, а каждая пара внутренних сводится к одному символу. Таким образом, функция ввода `bytea` видит всего один апостроф, который она обрабатывает как обычный символ в данных. Дублировать же обратную косую черту при вводе `bytea` не требуется: этот символ считается особым и меняет поведение функции ввода, как показано в Таблице 8.7.

В некоторых контекстах обратная косая черта должна дублироваться (относительно примеров выше), так как при общем разборе строковых констант пара таких символов будет сведена к одному; см. Подраздел 4.1.2.1.

Данные `Bytea` по умолчанию выводятся в шестнадцатеричном формате (`hex`). Если поменять значение bytea_output на `escape`, «непечатаемые» байты представляются в виде соответствующих трёхзначных восьмеричных значений, которые предваряются одной обратной косой чертой. Большинство «печатаемых» байтов представляются обычными символами из клиентского набора символов, например:

```
SET bytea_output = 'escape';

SELECT 'abc \153\154\155 \052\251\124'::bytea;
     bytea
----------------
 abc klm *\251T
```

Байт с десятичным кодом 92 (обратная косая черта) при выводе дублируется. Это иллюстрирует Таблица 8.8.

Таблица 8.8. Спецпоследовательности выходных значений bytea

Десятичное значение байта	Описание	Спецпоследовательность вывода	Пример	Выводимый результат
92	обратная косая черта	`\\`	`'\134'::bytea`	`\\`
от 0 до 31 и от 127 до 255	«непечатаемые» байты	`\xxx` (значение байта)	`'\001'::bytea`	`\001`
от 32 до 126	«печатаемые» байты	представление из клиентского набора символов	`'\176'::bytea`	`~`

В зависимости от применяемой клиентской библиотеки PostgreSQL, для преобразования значений `bytea` в спецстроки и обратно могут потребоваться дополнительные действия. Например, если приложение сохраняет в строках символы перевода строк, возможно их также нужно будет представить спецпоследовательностями.

8.5. Типы даты/времени

PostgreSQL поддерживает полный набор типов даты и времени SQL, показанный в Таблице 8.9. Операции, возможные с этими типами данных, описаны в Разделе 9.9. Все даты считаются по Григорианскому календарю, даже для времени до его введения (за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу B.6).

Таблица 8.9. Типы даты/времени

Имя	Размер	Описание	Наименьшее значение	Наибольшее значение	Точность
`timestamp [ (p) ] [ without time zone ]`	8 байт	дата и время (без часового пояса)	4713 до н. э.	294276 н. э.	1 микросекунда
`timestamp [ (p) ] with time zone`	8 байт	дата и время (с часовым поясом)	4713 до н. э.	294276 н. э.	1 микросекунда
`date`	4 байта	дата (без времени суток)	4713 до н. э.	5874897 н. э.	1 день
`time [ (p) ] [ without time zone ]`	8 байт	время суток (без даты)	00:00:00	24:00:00	1 микросекунда
`time [ (p) ] with time zone`	12 байт	время дня (без даты), с часовым поясом	00:00:00+1559	24:00:00-1559	1 микросекунда

Имя	Размер	Описание	Наименьшее значение	Наибольшее значение	Точность
`interval [` *`поля`* `] [ (`*`p`*`) ]`	16 байт	временной интервал	-178000000 лет	178000000 лет	1 микросекунда

Примечание

Стандарт SQL требует, чтобы тип `timestamp` подразумевал `timestamp without time zone` (время без часового пояса), и PostgreSQL следует этому. Для краткости `timestamp with time zone` можно записать как `timestamptz`; это расширение PostgreSQL.

Типы `time`, `timestamp` и `interval` принимают необязательное значение точности *p*, определяющее, сколько знаков после запятой должно сохраняться в секундах. По умолчанию точность не ограничивается. Допустимые значения *p* лежат в интервале от 0 до 6.

Тип `interval` дополнительно позволяет ограничить набор сохраняемых полей следующими фразами:

```
YEAR
MONTH
DAY
HOUR
MINUTE
SECOND
YEAR TO MONTH
DAY TO HOUR
DAY TO MINUTE
DAY TO SECOND
HOUR TO MINUTE
HOUR TO SECOND
MINUTE TO SECOND
```

Заметьте, что если указаны и *поля*, и точность *p*, указание *поля* должно включать `SECOND`, так как точность применима только к секундам.

Тип `time with time zone` определён стандартом SQL, но в его определении описаны свойства сомнительной ценности. В большинстве случаев сочетание типов `date`, `time`, `timestamp without time zone` и `timestamp with time zone` удовлетворяет все потребности в функциональности дат/времени, возникающие в приложениях.

8.5.1. Ввод даты/времени

Значения даты и времени принимаются практически в любом разумном формате, включая ISO 8601, SQL-совместимый, традиционный формат POSTGRES и другие. В некоторых форматах порядок даты, месяца и года во вводимой дате неоднозначен и поэтому поддерживается явное определение формата. Для этого предназначен параметр DateStyle. Когда он имеет значение `MDY`, выбирается интерпретация месяц-день-год, значению `DMY` соответствует день-месяц-год, а `YMD` — год-месяц-день.

PostgreSQL обрабатывает вводимые значения даты/времени более гибко, чем того требует стандарт SQL. Точные правила разбора даты/времени и распознаваемые текстовые поля, в том числе названия месяцев, дней недели и часовых поясов описаны в Приложении B.

Помните, что любые вводимые значения даты и времени нужно заключать в апострофы, как текстовые строки. За дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 4.1.2.7. SQL предусматривает следующий синтаксис:

тип [(*p*)] '*значение*'

Здесь *p* — необязательное указание точности, определяющее число знаков после точки в секундах. Точность может быть определена для типов `time`, `timestamp` и `interval` в интервале от 0 до 6. Если в определении константы точность не указана, она считается равной точности значения в строке (но не больше 6 цифр).

8.5.1.1. Даты

В Таблице 8.10 приведены некоторые допустимые значения типа `date`.

Таблица 8.10. Вводимые даты

Пример	Описание
1999-01-08	ISO 8601; 8 января в любом режиме (рекомендуемый формат)
January 8, 1999	воспринимается однозначно в любом режиме `datestyle`
1/8/1999	8 января в режиме `MDY` и 1 августа в режиме `DMY`
1/18/1999	18 января в режиме `MDY`; недопустимая дата в других режимах
01/02/03	2 января 2003 г. в режиме `MDY`; 1 февраля 2003 г. в режиме `DMY` и 3 февраля 2001 г. в режиме `YMD`
1999-Jan-08	8 января в любом режиме
Jan-08-1999	8 января в любом режиме
08-Jan-1999	8 января в любом режиме
99-Jan-08	8 января в режиме `YMD`; ошибка в других режимах
08-Jan-99	8 января; ошибка в режиме `YMD`
Jan-08-99	8 января; ошибка в режиме `YMD`
19990108	ISO 8601; 8 января 1999 в любом режиме
990108	ISO 8601; 8 января 1999 в любом режиме
1999.008	год и день года
J2451187	юлианский день
January 8, 99 BC	99 до н. э.

8.5.1.2. Время

Для хранения времени суток без даты предназначены типы `time [ (p) ] without time zone` и `time [ (p) ] with time zone`. Тип `time` без уточнения эквивалентен типу `time without time zone`.

Допустимые вводимые значения этих типов состоят из записи времени суток и необязательного указания часового пояса. (См. Таблицу 8.11 и Таблицу 8.12.) Если в значении для типа `time without time zone` указывается часовой пояс, он просто игнорируется. Так же будет игнорироваться дата, если её указать, за исключением случаев, когда в указанном часовом поясе принят переход на летнее время, например `America/New_York`. В данном случае указать дату необходимо, чтобы система могла определить, применяется ли обычное или летнее время. Соответствующее смещение часового пояса записывается в значении `time with time zone` и выводится без изменений, оно не привязано к активному часовому поясу.

Таблица 8.11. Вводимое время

Пример	Описание
`04:05:06.789`	ISO 8601
`04:05:06`	ISO 8601
`04:05`	ISO 8601

Пример	Описание
`040506`	ISO 8601
`04:05 AM`	то же, что и 04:05; AM не меняет значение времени
`04:05 PM`	то же, что и 16:05; часы должны быть <= 12
`04:05:06.789-8`	ISO 8601, с часовым поясом в виде смещения от UTC
`04:05:06-08:00`	ISO 8601, с часовым поясом в виде смещения от UTC
`04:05-08:00`	ISO 8601, с часовым поясом в виде смещения от UTC
`040506-08`	ISO 8601, с часовым поясом в виде смещения от UTC
`040506+0730`	ISO 8601, с часовым поясом, задаваемым нецелочисленным смещением от UTC
`040506+07:30:00`	смещение от UTC, заданное до секунд (не допускается в ISO 8601)
`04:05:06 PST`	часовой пояс задаётся аббревиатурой
`2003-04-12 04:05:06 America/New_York`	часовой пояс задаётся полным названием

Таблица 8.12. Вводимый часовой пояс

Пример	Описание
`PST`	аббревиатура (Pacific Standard Time, Стандартное тихоокеанское время)
`America/New_York`	полное название часового пояса
`PST8PDT`	указание часового пояса в стиле POSIX
`-8:00:00`	смещение часового пояса PST от UTC
`-8:00`	смещение часового пояса PST от UTC (расширенный формат ISO 8601)
`-800`	смещение часового пояса PST от UTC (стандартный формат ISO 8601)
`-8`	смещение часового пояса PST от UTC (стандартный формат ISO 8601)
`zulu`	принятое у военных сокращение UTC
`z`	краткая форма `zulu` (также определена в ISO 8601)

Подробнее узнать о том, как указывается часовой пояс, можно в Подразделе 8.5.3.

8.5.1.3. Даты и время

Допустимые значения типов timestamp состоят из записи даты и времени, после которого может указываться часовой пояс и необязательное уточнение `AD` или `BC`, определяющее эпоху до нашей эры и нашу эру соответственно. (`AD`/`BC` можно указать и перед часовым поясом, но предпочтительнее первый вариант.) Таким образом:

```
1999-01-08 04:05:06
```

и

```
1999-01-08 04:05:06 -8:00
```

допустимые варианты, соответствующие стандарту ISO 8601. В дополнение к этому поддерживается распространённый формат:

```
January 8 04:05:06 1999 PST
```

Стандарт SQL различает константы типов `timestamp without time zone` и `timestamp with time zone` по знаку «+» или «-» и смещению часового пояса, добавленному после времени. Следовательно, согласно стандарту, записи

```
TIMESTAMP '2004-10-19 10:23:54'
```

должен соответствовать тип `timestamp without time zone`, а

```
TIMESTAMP '2004-10-19 10:23:54+02'
```

тип `timestamp with time zone`. PostgreSQL никогда не анализирует содержимое текстовой строки, чтобы определить тип значения, и поэтому обе записи будут обработаны как значения типа `timestamp without time zone`. Чтобы текстовая константа обрабатывалась как `timestamp with time zone`, укажите этот тип явно:

```
TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2004-10-19 10:23:54+02'
```

В значении типа `timestamp without time zone` PostgreSQL просто игнорирует часовой пояс. То есть результирующее значение вычисляется только из полей даты/времени и не подстраивается под указанный часовой пояс.

Для значений `timestamp with time zone`, входная строка, содержащая явное указание часового пояса, будет преобразована в UTC (*Universal Coordinated Time*, Всемирное координированное время) с учётом смещения данного часового пояса. Если во входной строке не указан часовой пояс, подразумевается часовой пояс, заданный системным параметром TimeZone и время так же пересчитывается в UTC со смещением `timezone`. В обоих случаях значение хранится внутри системы как UTC, а изначально указанный или предполагаемый часовой пояс не сохраняется.

Когда значение `timestamp with time zone` выводится, оно всегда преобразуется из UTC в текущий часовой пояс `timezone` и отображается как локальное время. Чтобы получить время для другого часового пояса, нужно либо изменить `timezone`, либо воспользоваться конструкцией `AT TIME ZONE` (см. Подраздел 9.9.3).

В преобразованиях между `timestamp without time zone` и `timestamp with time zone` обычно предполагается, что значение `timestamp without time zone` содержит местное время (для часового пояса `timezone`). Другой часовой пояс для преобразования можно задать с помощью `AT TIME ZONE`.

8.5.1.4. Специальные значения

PostgreSQL для удобства поддерживает несколько специальных значений даты/времени, перечисленных в Таблице 8.13. Значения `infinity` и `-infinity` имеют особое представление в системе и они отображаются в том же виде, тогда как другие варианты при чтении преобразуются в значения даты/времени. (В частности, `now` и подобные строки преобразуются в актуальные значения времени в момент чтения.) Чтобы использовать эти значения в качестве констант в командах SQL, их нужно заключать в апострофы.

Таблица 8.13. Специальные значения даты/времени

Вводимая строка	Допустимые типы	Описание
`epoch`	`date`, `timestamp`	1970-01-01 00:00:00+00 (точка отсчёта времени в Unix)
`infinity`	`date`, `timestamp`	время после максимальной допустимой даты

Вводимая строка	Допустимые типы	Описание
-infinity	date, timestamp	время до минимальной допустимой даты
now	date, time, timestamp	время начала текущей транзакции
today	date, timestamp	время начала текущих суток (00:00)
tomorrow	date, timestamp	время начала следующих суток (00:00)
yesterday	date, timestamp	время начала предыдущих суток (00:00)
allballs	time	00:00:00.00 UTC

Для получения текущей даты/времени соответствующего типа можно также использовать следующие SQL-совместимые функции: CURRENT_DATE, CURRENT_TIME, CURRENT_TIMESTAMP, LOCALTIME и LOCALTIMESTAMP. (См. Подраздел 9.9.4.) Заметьте, что во входных строках эти SQL-функции *не* распознаются.

Внимание

Входные значения now, today, tomorrow и yesterday вполне корректно работают в интерактивных SQL-командах, но когда команды сохраняются для последующего выполнения, например в подготовленных операторах, представлениях или определениях функций, их поведение может быть неожиданным. Такая строка может преобразоваться в конкретное значение времени, которое затем будет использоваться гораздо позже момента, когда оно было получено. В таких случаях следует использовать одну из SQL-функций. Например, CURRENT_DATE + 1 будет работать надёжнее, чем 'tomorrow'::date.

8.5.2. Вывод даты/времени

В качестве выходного формата типов даты/времени можно использовать один из четырёх стилей: ISO 8601, SQL (Ingres), традиционный формат POSTGRES (формат date в Unix) или German. По умолчанию выбран формат ISO. (Стандарт SQL требует, чтобы использовался именно ISO 8601. Другой формат называется «SQL» исключительно по историческим причинам.) Примеры всех стилей вывода перечислены в Таблице 8.14. Вообще со значениями типов date и time выводилась бы только часть даты или времени из показанных примеров, но со стилем POSTGRES значение даты без времени выводится в формате ISO.

Таблица 8.14. Стили вывода даты/время

Стиль	Описание	Пример
ISO	ISO 8601, стандарт SQL	1997-12-17 07:37:16-08
SQL	традиционный стиль	12/17/1997 07:37:16.00 PST
Postgres	изначальный стиль	Wed Dec 17 07:37:16 1997 PST
German	региональный стиль	17.12.1997 07:37:16.00 PST

Примечание

ISO 8601 указывает, что дата должна отделяться от времени буквой T в верхнем регистре. PostgreSQL принимает этот формат при вводе, но при выводе вставляет вместо T пробел, как показано выше. Это сделано для улучшения читаемости и для совместимости с RFC 3339 и другими СУБД.

В стилях SQL и POSTGRES день выводится перед месяцем, если установлен порядок DMY, а в противном случае месяц выводится перед днём. (Как этот параметр также влияет на интерпретацию входных значений, описано в Подразделе 8.5.1) Соответствующие примеры показаны в Таблице 8.15.

Таблица 8.15. Соглашения о порядке компонентов даты

Параметр `datestyle`	Порядок при вводе	Пример вывода
`SQL, DMY`	*день*/*месяц*/*год*	`17/12/1997 15:37:16.00 CET`
`SQL, MDY`	*месяц*/*день*/*год*	`12/17/1997 07:37:16.00 PST`
`Postgres, DMY`	*день*/*месяц*/*год*	`Wed 17 Dec 07:37:16 1997 PST`

В формате ISO часовой пояс всегда отображается в виде числового смещения со знаком относительно всемирного координированного времени (UTC); для зон к востоку от Гринвича знак смещения положительный. Смещение будет отображаться как *hh* (только часы), если оно задаётся целым числом часов, как *hh*:*mm*, если оно задаётся целым числом минут, или как *hh*:*mm*:*ss*. (Третий вариант невозможен в современных стандартах часовых поясов, но он может понадобиться при работе с отметками времени, предшествующими принятию стандартизированных часовых поясов.) В других форматах даты часовой пояс отображается как буквенное сокращение, если оно принято в текущем поясе. В противном случае он отображается как числовое смещение со знаком в стандартном формате ISO 8601 (*hh* или *hhmm*).

Стиль даты/времени пользователь может выбрать с помощью команды `SET datestyle`, параметра DateStyle в файле конфигурации `postgresql.conf` или переменной окружения `PGDATESTYLE` на сервере или клиенте.

Для большей гибкости при форматировании выводимой даты/времени можно использовать функцию `to_char` (см. Раздел 9.8).

8.5.3. Часовые пояса

Часовые пояса и правила их применения определяются, как вы знаете, не только по географическим, но и по политическим соображениям. Часовые пояса во всём мире были более-менее стандартизированы в начале прошлого века, но они продолжают претерпевать изменения, в частности это касается перехода на летнее время. Для расчёта времени в прошлом PostgreSQL получает исторические сведения о правилах часовых поясов из распространённой базы данных IANA (Olson). Для будущего времени предполагается, что в заданном часовом поясе будут продолжать действовать последние принятые правила.

PostgreSQL стремится к совместимости со стандартом SQL в наиболее типичных случаях. Однако стандарт SQL допускает некоторые странности при смешивании типов даты и времени. Две очевидные проблемы:

- Хотя для типа `date` часовой пояс указать нельзя, это можно сделать для типа `time`. В реальности это не очень полезно, так как без даты нельзя точно определить смещение при переходе на летнее время.
- По умолчанию часовой пояс задаётся постоянным смещением от UTC. Это также не позволяет учесть летнее время при арифметических операций с датами, пересекающими границы летнего времени.

Поэтому мы советуем использовать часовой пояс с типами, включающими и время, и дату. Мы *не* рекомендуем использовать тип `time with time zone` (хотя PostgreSQL поддерживает его для старых приложений и совместимости со стандартом SQL). Для типов, включающих только дату или только время, в PostgreSQL предполагается местный часовой пояс.

Все значения даты и времени с часовым поясом представляются внутри в UTC, а при передаче клиентскому приложению они переводятся в местное время, при этом часовой пояс по умолчанию определяется параметром конфигурации TimeZone.

PostgreSQL позволяет задать часовой пояс тремя способами:

- Полное название часового пояса, например `America/New_York`. Все допустимые названия перечислены в представлении `pg_timezone_names` (см. Раздел 51.92). Определения часовых поясов PostgreSQL берёт из широко распространённой базы IANA, так что имена часовых поясов PostgreSQL будут воспринимать и другие приложения.
- Аббревиатура часового пояса, например `PST`. Такое определение просто задаёт смещение от UTC, в отличие от полных названий поясов, которые кроме того подразумевают и правила перехода на летнее время. Распознаваемые аббревиатуры перечислены в представлении `pg_timezone_abbrevs` (см. Раздел 51.91). Аббревиатуры можно использовать во вводимых значениях даты/времени и в операторе `AT TIME ZONE`, но не в параметрах конфигурации TimeZone и log_timezone.
- Помимо аббревиатур и названий часовых поясов PostgreSQL принимает указания часовых поясов в стиле POSIX, как описано в Разделе B.5. Этот вариант обычно менее предпочтителен, чем использование именованного часового пояса, но он может быть единственным возможным, если для нужного часового пояса нет записи в базе данных IANA.

Вкратце, различие между аббревиатурами и полными названиями заключаются в следующем: аббревиатуры представляют определённый сдвиг от UTC, а полное название подразумевает ещё и местное правило по переходу на летнее время, то есть, возможно, два сдвига от UTC. Например, `2014-06-04 12:00 America/New_York` представляет полдень по местному времени в Нью-Йорк, что для данного дня было бы летним восточным временем (EDT или UTC-4). Так что `2014-06-04 12:00 EDT` обозначает тот же момент времени. Но `2014-06-04 12:00 EST` задаёт стандартное восточное время (UTC-5), не зависящее о того, действовало ли летнее время в этот день.

Мало того, в некоторых юрисдикциях одна и та же аббревиатура часового пояса означала разные сдвиги UTC в разное время; например, аббревиатура московского времени `MSK` несколько лет означала UTC+3, а затем стала означать UTC+4. PostgreSQL обрабатывает такие аббревиатуры в соответствии с их значениями на заданную дату, но, как и с примером выше `EST`, это не обязательно будет соответствовать местному гражданскому времени в этот день.

Независимо от формы, регистр в названиях и аббревиатурах часовых поясов не важен. (В PostgreSQL до версии 8.2 он где-то имел значение, а где-то нет.)

Ни названия, ни аббревиатуры часовых поясов, не зашиты в самом сервере; они считываются из файлов конфигурации, находящихся в путях `.../share/timezone/` и `.../share/timezonesets/` относительно каталога установки (см. Раздел B.4).

Параметр конфигурации TimeZone можно установить в `postgresql.conf` или любым другим стандартным способом, описанным в Главе 19. Часовой пояс может быть также определён следующими специальными способами:

- Часовой пояс для текущего сеанса можно установить с помощью SQL-команды `SET TIME ZONE`. Это альтернативная запись команды `SET TIMEZONE TO`, более соответствующая SQL-стандарту.
- Если установлена переменная окружения `PGTZ`, клиенты libpq используют её значение, выполняя при подключении к серверу команду `SET TIME ZONE`.

8.5.4. Ввод интервалов

Значения типа `interval` могут быть записаны в следующей расширенной форме:

```
[@] количество единица [количество единица...] [направление]
```

где *количество* — это число (возможно, со знаком); *единица* — одно из значений: `microsecond`, `millisecond`, `second`, `minute`, `hour`, `day`, `week`, `month`, `year`, `decade`, `century`, `millennium` (которые обозначают соответственно микросекунды, миллисекунды, секунды, минуты, часы, дни, недели, месяцы, годы, десятилетия, века и тысячелетия), либо эти же слова во множественном числе, либо их сокращения; *направление* может принимать значение `ago` (назад) или быть пустым. Знак `@` является необязательным. Все заданные величины различных единиц суммируются вместе с учётом знака чисел. Указание `ago` меняет знак всех полей на противоположный. Этот синтаксис также используется при выводе интервала, если параметр IntervalStyle имеет значение `postgres_verbose`.

Количества дней, часов, минут и секунд можно определить, не указывая явно соответствующие единицы. Например, запись `'1 12:59:10'` равнозначна `'1 day 12 hours 59 min 10 sec'`. Сочетание года и месяца также можно записать через минус; например `'200-10'` означает то, же что и `'200 years 10 months'`. (На самом деле только эти краткие формы разрешены стандартом SQL и они используются при выводе, когда `IntervalStyle` имеет значение `sql_standard`.)

Интервалы можно также записывать в виде, определённом в ISO 8601, либо в «формате с кодами», описанном в разделе 4.4.3.2 этого стандарта, либо в «альтернативном формате», описанном в разделе 4.4.3.3. Формат с кодами выглядит так:

```
P количество единица [ количество единица ...] [ T [ количество единица ...]]
```

Строка должна начинаться с символа `P` и может включать также `T` перед временем суток. Допустимые коды единиц перечислены в Таблице 8.16. Коды единиц можно опустить или указать в любом порядке, но компоненты времени суток должны идти после символа `T`. В частности, значение кода `M` зависит от того, располагается ли он до или после `T`.

Таблица 8.16. Коды единиц временных интервалов ISO 8601

Код	Значение
Y	годы
M	месяцы (в дате)
W	недели
D	дни
H	часы
M	минуты (во времени)
S	секунды

В альтернативном формате:

```
P [ год-месяц-день ] [ T часы:минуты:секунды ]
```

строка должна начинаться с `P`, а `T` разделяет компоненты даты и времени. Значения выражаются числами так же, как и в датах ISO 8601.

При записи интервальной константы с указанием *полей* или присваивании столбцу типа interval строки с *полями*, интерпретация непомеченных величин зависит от *полей*. Например, `INTERVAL '1' YEAR` воспринимается как 1 год, а `INTERVAL '1'` — как 1 секунда. Кроме того, значения «справа» от меньшего значащего поля, заданного в определении *полей*, просто отбрасываются. Например, в записи `INTERVAL '1 day 2:03:04' HOUR TO MINUTE` будут отброшены секунды, но не день.

Согласно стандарту SQL, все компоненты значения interval должны быть одного знака, и ведущий минус применяется ко всем компонентам; например, минус в записи `'-1 2:03:04'` применяется и к дню, и к часам/минутам/секундам. PostgreSQL позволяет задавать для разных компонентов разные знаки и традиционно обрабатывает знак каждого компонента в текстовом представлении отдельно от других, так что в данном случае часы/минуты/секунды будут считаться положительными. Если параметр `IntervalStyle` имеет значение `sql_standard`, ведущий знак применяется ко всем компонентам (но только если они не содержат знаки явно). В противном случае действуют традиционные правила PostgreSQL. Во избежание неоднозначности рекомендуется добавлять знак к каждому компоненту с отрицательным значением.

Значения `interval` хранятся в виде трёх целочисленных полей: месяцы, дни и микросекунды. Эти поля хранятся отдельно, поскольку количество дней в месяце варьируется, а день может состоять из 23 или 25 часов при переходе на летнее/зимнее время. Входная строка интервала, в которой используются другие единицы измерения, нормализуется в этот формат, а затем стандартизированным образом реконструируется для вывода, например:

```
SELECT '2 years 15 months 100 weeks 99 hours 123456789 milliseconds'::interval;
               interval
---------------------------------------
 3 years 3 mons 700 days 133:17:36.789
```

Здесь недели, под которыми понимаются «7 дней», были сохранены отдельно, а меньшие и большие единицы измерения времени были объединены и нормализованы.

Значения полей могут содержать дробную часть, например `'1.5 weeks'` или `'01:02:03.45'`. Однако поскольку `interval` содержит только целые единицы, дробные значения должны быть преобразованы в более мелкие единицы. Дробные части единиц, превышающих месяцы, усекаются до целого числа месяцев, например `'1.5 years'` преобразуется в `'1 year 6 mons'`. Дробные части недель и дней пересчитываются в целое число дней и микросекунд, из расчёта, что в месяце 30 дней, а в сутках — 24 часа, например, `'1.75 months'` становится `1 mon 22 days 12:00:00`. На выходе только секунды могут иметь дробную часть.

В Таблице 8.17 показано несколько примеров допустимых вводимых значений типа `interval`.

Таблица 8.17. Ввод интервалов

Пример	Описание
`1-2`	Стандартный формат SQL: 1 год и 2 месяца
`3 4:05:06`	Стандартный формат SQL: 3 дня 4 часа 5 минут 6 секунд
`1 year 2 months 3 days 4 hours 5 minutes 6 seconds`	Традиционный формат Postgres: 1 год 2 месяца 3 дня 4 часа 5 минут 6 секунд
`P1Y2M3DT4H5M6S`	«Формат с кодами» ISO 8601: то же значение, что и выше
`P0001-02-03T04:05:06`	«Альтернативный формат» ISO 8601: то же значение, что и выше

8.5.5. Вывод интервалов

Как объяснялось ранее, PostgreSQL хранит значения `interval` в виде месяцев, дней и микросекунд. При выводе значение месяцев преобразуется в годы и месяцы путём деления на 12. Значение в днях отображается как есть. Значение в микросекундах преобразуется в часы, минуты, секунды и доли секунды. Таким образом, месяцы, минуты и секунды никогда не будут выводиться вне диапазонов 0–11, 0–59 и 0–59 соответственно, тогда как отображаемые значения в годах, днях и часах могут быть довольно большими. (Чтобы перенести большие значения дней и часов в следующее поле, можно использовать функции `justify_days` и `justify_hours`.)

Формат вывода типа interval может определяться одним из четырёх стилей: `sql_standard`, `postgres`, `postgres_verbose` и `iso_8601`. Выбрать нужный стиль позволяет команда `SET intervalstyle` (по умолчанию выбран `postgres`). Примеры форматов разных стилей показаны в Таблице 8.18.

Стиль `sql_standard` выдаёт результат, соответствующий стандарту SQL, если значение интервала удовлетворяет ограничениям стандарта (и содержит либо только год и месяц, либо только день и время, и при этом все его компоненты одного знака). В противном случае выводится год-месяц, за которым идёт дата-время, а в компоненты для однозначности явно добавляются знаки.

Вывод в стиле `postgres` соответствует формату, который был принят в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр DateStyle имел значение `ISO`.

Вывод в стиле postgres_verbose соответствует формату, который был принят в PostgreSQL до версии 8.4, когда значением параметром DateStyle было не ISO.

Вывод в стиле iso_8601 соответствует «формату с кодами» описанному в разделе 4.4.3.2 формата ISO 8601.

Таблица 8.18. Примеры стилей вывода интервалов

Стиль	Интервал год-месяц	Интервал день-время	Смешанный интервал
sql_standard	1-2	3 4:05:06	-1-2 +3 -4:05:06
postgres	1 year 2 mons	3 days 04:05:06	-1 year -2 mons +3 days -04:05:06
postgres_verbose	@ 1 year 2 mons	@ 3 days 4 hours 5 mins 6 secs	@ 1 year 2 mons -3 days 4 hours 5 mins 6 secs ago
iso_8601	P1Y2M	P3DT4H5M6S	P-1Y-2M3DT-4H-5M-6S

8.6. Логический тип

В PostgreSQL есть стандартный SQL-тип boolean; см. Таблицу 8.19. Тип boolean может иметь следующие состояния: «true», «false» и третье состояние, «unknown», которое представляется SQL-значением NULL.

Таблица 8.19. Логический тип данных

Имя	Размер	Описание
boolean	1 байт	состояние: истина или ложь

Логические константы могут представляться в SQL-запросах следующими ключевыми словами SQL: TRUE, FALSE и NULL.

Функция ввода данных типа boolean воспринимает следующие строковые представления состояния «true»:

```
true
yes
on
1
```

и следующие представления состояния «false»:

```
false
no
off
0
```

Также воспринимаются уникальные префиксы этих строк, например t или n. Регистр символов не имеет значения, а пробельные символы в начале и в конце строки игнорируются.

Функция вывода данных типа boolean всегда выдаёт t или f, как показано в Примере 8.2.

Пример 8.2. Использование типа boolean

```
CREATE TABLE test1 (a boolean, b text);
INSERT INTO test1 VALUES (TRUE, 'sic est');
INSERT INTO test1 VALUES (FALSE, 'non est');
SELECT * FROM test1;
 a |    b
```

```
---+---------
 t | sic est
 f | non est

SELECT * FROM test1 WHERE a;
 a |    b
---+---------
 t | sic est
```

Ключевые слова TRUE и FALSE являются предпочтительными (соответствующими стандарту SQL) для записи логических констант в SQL-запросах. Но вы также можете использовать строковые представления, которые допускает синтаксис строковых констант, описанный в Подразделе 4.1.2.7, например, 'yes'::boolean.

Заметьте, что при анализе запроса TRUE и FALSE автоматически считаются значениями типа boolean, но для NULL это не так, потому что ему может соответствовать любой тип. Поэтому в некоторых контекстах может потребоваться привести NULL к типу boolean явно, например так: NULL::boolean. С другой стороны, приведение строковой константы к логическому типу можно опустить в тех контекстах, где анализатор запроса может понять, что буквальное значение должно иметь тип boolean.

8.7. Типы перечислений

Типы перечислений (enum) определяют статический упорядоченный набор значений, так же как и типы enum, существующие в ряде языков программирования. В качестве перечисления можно привести дни недели или набор состояний.

8.7.1. Объявление перечислений

Тип перечислений создаются с помощью команды CREATE TYPE, например так:

```
CREATE TYPE mood AS ENUM ('sad', 'ok', 'happy');
```

Созданные типы enum можно использовать в определениях таблиц и функций, как и любые другие:

```
CREATE TYPE mood AS ENUM ('sad', 'ok', 'happy');
CREATE TABLE person (
    name text,
    current_mood mood
);
INSERT INTO person VALUES ('Moe', 'happy');
SELECT * FROM person WHERE current_mood = 'happy';
 name | current_mood
------+--------------
 Moe  | happy
(1 row)
```

8.7.2. Порядок

Порядок значений в перечислении определяется последовательностью, в которой были указаны значения при создании типа. Перечисления поддерживаются всеми стандартными операторами сравнения и связанными агрегатными функциями. Например:

```
INSERT INTO person VALUES ('Larry', 'sad');
INSERT INTO person VALUES ('Curly', 'ok');
SELECT * FROM person WHERE current_mood > 'sad';
 name  | current_mood
-------+--------------
 Moe   | happy
 Curly | ok
```

```
(2 rows)

SELECT * FROM person WHERE current_mood > 'sad' ORDER BY current_mood;
 name  | current_mood
-------+--------------
 Curly | ok
 Moe   | happy
(2 rows)

SELECT name
FROM person
WHERE current_mood = (SELECT MIN(current_mood) FROM person);
 name
-------
 Larry
(1 row)
```

8.7.3. Безопасность типа

Все типы перечислений считаются уникальными и поэтому значения разных типов нельзя сравнивать. Взгляните на этот пример:

```
CREATE TYPE happiness AS ENUM ('happy', 'very happy', 'ecstatic');
CREATE TABLE holidays (
    num_weeks integer,
    happiness happiness
);
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (4, 'happy');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (6, 'very happy');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (8, 'ecstatic');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (2, 'sad');
ОШИБКА:  неверное значение для перечисления happiness: "sad"
SELECT person.name, holidays.num_weeks FROM person, holidays
  WHERE person.current_mood = holidays.happiness;
ОШИБКА:  оператор не существует: mood = happiness
```

Если вам действительно нужно сделать что-то подобное, вы можете либо реализовать собственный оператор, либо явно преобразовать типы в запросе:

```
SELECT person.name, holidays.num_weeks FROM person, holidays
  WHERE person.current_mood::text = holidays.happiness::text;
 name | num_weeks
------+-----------
 Moe  |         4
(1 row)
```

8.7.4. Тонкости реализации

В метках значений регистр имеет значение, т. е. `'happy'` и `'HAPPY'` — не одно и то же. Также в метках имеют значение пробелы.

Хотя типы-перечисления предназначены прежде всего для статических наборов значений, имеется возможность добавлять новые значения в существующий тип-перечисление и переименовывать значения (см. ALTER TYPE). Однако удалять существующие значения из перечисления, а также изменять их порядок, нельзя — для получения нужного результата придётся удалить и воссоздать это перечисление.

Значение enum занимает на диске 4 байта. Длина текстовой метки значения ограничена параметром компиляции `NAMEDATALEN`; в стандартных сборках PostgreSQL он ограничивает длину 63 байтами.

Сопоставления внутренних значений enum с текстовыми метками хранятся в системном каталоге `pg_enum`. Он может быть полезен в ряде случаев.

8.8. Геометрические типы

Геометрические типы данных представляют объекты в двумерном пространстве. Все существующие в PostgreSQL геометрические типы перечислены в Таблице 8.20.

Таблица 8.20. Геометрические типы

Имя	Размер	Описание	Представление
`point`	16 байт	Точка на плоскости	(x,y)
`line`	24 байта	Бесконечная прямая	{A,B,C}
`lseg`	32 байта	Отрезок	((x1,y1),(x2,y2))
`box`	32 байта	Прямоугольник	((x1,y1),(x2,y2))
`path`	16+16n байт	Закрытый путь (подобный многоугольнику)	((x1,y1),...)
`path`	16+16n байт	Открытый путь	[(x1,y1),...]
`polygon`	40+16n байт	Многоугольник (подобный закрытому пути)	((x1,y1),...)
`circle`	24 байта	Окружность	<(x,y),r> (центр окружности и радиус)

Во всех этих типах отдельные координаты хранятся как числа типа `double precision` (`float8`).

Для выполнения различных геометрических операций, в частности масштабирования, вращения и определения пересечений, PostgreSQL предлагает богатый набор функций и операторов. Они рассматриваются в Разделе 9.11.

8.8.1. Точки

Точки — это основной элемент, на базе которого строятся все остальные геометрические типы. Значения типа `point` записываются в одном из двух форматов:

```
( x , y )
  x , y
```

где *x* и *y* — координаты точки на плоскости, выраженные числами с плавающей точкой.

Выводятся точки в первом формате.

8.8.2. Прямые

Прямые представляются линейным уравнением *A*x + *B*y + *C* = 0, где *A* и *B* не могут быть равны 0 одновременно. Значения типа `line` вводятся и выводятся в следующем виде:

```
{ A, B, C }
```

Кроме того, для ввода может использоваться любая из этих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) ]
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1   ,   x2 , y2
```

где `(x1,y1)` и `(x2,y2)` — две различные точки на данной прямой.

8.8.3. Отрезки

Отрезок представляется парой точек, определяющих концы отрезка. Значения типа `lseg` записываются в одной из следующих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) ]
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1   ,   x2 , y2
```

где (*x1*,*y1*) и (*x2*,*y2*) — концы отрезка.

Выводятся отрезки в первом формате.

8.8.4. Прямоугольники

Прямоугольник представляется двумя точками, находящимися в противоположных его углах. Значения типа `box` записываются в одной из следующих форм:

```
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1   ,   x2 , y2
```

где (*x1*,*y1*) и (*x2*,*y2*) — противоположные углы прямоугольника.

Выводятся прямоугольники во второй форме.

Во вводимом значении могут быть указаны любые два противоположных угла, но затем они будут упорядочены, так что внутри сохранятся правый верхний и левый нижний углы, в таком порядке.

8.8.5. Пути

Пути представляют собой списки соединённых точек. Пути могут быть *закрытыми*, когда подразумевается, что первая и последняя точка в списке соединены, или *открытыми*, в противном случае.

Значения типа `path` записываются в одной из следующих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) ]
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
  ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
  ( x1 , y1   , ... ,   xn , yn )
    x1 , y1   , ... ,   xn , yn
```

где точки задают узлы сегментов, составляющих путь. Квадратные скобки (`[]`) указывают, что путь открытый, а круглые (`()`) — закрытый. Когда внешние скобки опускаются, как в показанных выше последних трёх формах, считается, что путь закрытый.

Пути выводятся в первой или второй форме, в соответствии с типом.

8.8.6. Многоугольники

Многоугольники представляются списками точек (вершин). Многоугольники похожи на закрытые пути, но важное семантическое отличие состоит в том, что многоугольник считается содержащим область внутри него, а путь — нет.

Важное различие в реализации между многоугольниками и путями заключается в том, что сохранённое представление многоугольника включает его наименьший окружающий прямоугольник. Это ускоряет определённые операции поиска, хотя вычисление окружающего прямоугольника добавляет издержки при построении новых многоугольников.

Значения типа `polygon` записываются в одной из следующих форм:

```
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
```

```
( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
( x1 , y1   , ... ,   xn , yn )
  x1 , y1   , ... ,   xn , yn
```

где точки задают узлы сегментов, образующих границу многоугольника.

Выводятся многоугольники в первом формате.

8.8.7. Окружности

Окружности задаются координатами центра и радиусом. Значения типа `circle` записываются в одном из следующих форматов:

```
< ( x , y ) , r >
( ( x , y ) , r )
  ( x , y ) , r
    x , y   , r
```

где `(x,y)` — центр окружности, а *r* — её радиус.

Выводятся окружности в первом формате.

8.9. Типы, описывающие сетевые адреса

PostgreSQL предлагает типы данных для хранения адресов IPv4, IPv6 и MAC, показанные в Таблице 8.21. Для хранения сетевых адресов лучше использовать эти типы, а не простые текстовые строки, так как PostgreSQL проверяет вводимые значения данных типов и предоставляет специализированные операторы и функции для работы с ними (см. Раздел 9.12).

Таблица 8.21. Типы, описывающие сетевые адреса

Имя	Размер	Описание
`cidr`	7 или 19 байт	Сети IPv4 и IPv6
`inet`	7 или 19 байт	Узлы и сети IPv4 и IPv6
`macaddr`	6 байт	MAC-адреса
`macaddr8`	8 байт	MAC-адреса (в формате EUI-64)

При сортировке типов `inet` и `cidr`, адреса IPv4 всегда идут до адресов IPv6, в том числе адреса IPv4, включённые в IPv6 или сопоставленные с ними, например ::10.2.3.4 или ::ffff:10.4.3.2.

8.9.1. `inet`

Тип `inet` содержит IPv4- или IPv6-адрес узла и может также содержать его подсеть, всё в одном поле. Подсеть представляется числом бит, определяющих адрес сети в адресе узла (или «маску сети»). Если маска сети равна 32 для адреса IPv4, такое значение представляет не подсеть, а определённый узел. Адреса IPv6 имеют длину 128 бит, поэтому уникальный адрес узла задаётся с маской 128 бит. Заметьте, что когда нужно, чтобы принимались только адреса сетей, следует использовать тип `cidr`, а не `inet`.

Вводимые значения такого типа должны иметь формат *`адрес/y`*, где *`адрес`* — адрес IPv4 или IPv6, а *`y`* — число бит в маске сети. Если компонент *`/y`* опущен, маска сети считается равной 32 для IPv4 и 128 для IPv6, так что это значение будет представлять один узел. При выводе компонент *`/y`* опускается, если сетевой адрес определяет адрес одного узла.

8.9.2. `cidr`

Тип `cidr` содержит определение сети IPv4 или IPv6. Входные и выходные форматы соответствуют соглашениям CIDR (Classless Internet Domain Routing, Бесклассовая межсетевая адресация).

Определение сети записывается в формате *адрес/y*, где *адрес* — минимальный адрес в сети, представленный в виде адреса IPv4 или IPv6, а *y* — число бит в маске сети. Если *y* не указывается, это значение вычисляется по старой классовой схеме нумерации сетей, но при этом оно может быть увеличено, чтобы в него вошли все байты введённого адреса. Если в сетевом адресе справа от маски сети окажутся биты со значением 1, он будет считаться ошибочным.

В Таблице 8.22 показаны несколько примеров адресов.

Таблица 8.22. Примеры допустимых значений типа `cidr`

Вводимое значение `cidr`	**Выводимое значение `cidr`**	`abbrev( cidr)`
192.168.100.128/25	192.168.100.128/25	192.168.100.128/25
192.168/24	192.168.0.0/24	192.168.0/24
192.168/25	192.168.0.0/25	192.168.0.0/25
192.168.1	192.168.1.0/24	192.168.1/24
192.168	192.168.0.0/24	192.168.0/24
128.1	128.1.0.0/16	128.1/16
128	128.0.0.0/16	128.0/16
128.1.2	128.1.2.0/24	128.1.2/24
10.1.2	10.1.2.0/24	10.1.2/24
10.1	10.1.0.0/16	10.1/16
10	10.0.0.0/8	10/8
10.1.2.3/32	10.1.2.3/32	10.1.2.3/32
2001:4f8:3:ba::/64	2001:4f8:3:ba::/64	2001:4f8:3:ba/64
2001:4f8:3:ba: 2e0:81ff:fe22:d1f1/128	2001:4f8:3:ba: 2e0:81ff:fe22:d1f1/128	2001:4f8:3:ba: 2e0:81ff:fe22:d1f1/128
::ffff:1.2.3.0/120	::ffff:1.2.3.0/120	::ffff:1.2.3/120
::ffff:1.2.3.0/128	::ffff:1.2.3.0/128	::ffff:1.2.3.0/128

8.9.3. Различия `inet` и `cidr`

Существенным различием типов данных `inet` и `cidr` является то, что `inet` принимает значения с ненулевыми битами справа от маски сети, а `cidr` — нет. Например, значение `192.168.0.1/24` является допустимым для типа `inet`, но не для `cidr`.

> **Подсказка**
>
> Если вас не устраивает выходной формат значений `inet` или `cidr`, попробуйте функции `host`, `text` и `abbrev`.

8.9.4. `macaddr`

Тип `macaddr` предназначен для хранения MAC-адреса, примером которого является адрес сетевой платы Ethernet (хотя MAC-адреса применяются и для других целей). Вводимые значения могут задаваться в следующих форматах:

```
'08:00:2b:01:02:03'
'08-00-2b-01-02-03'
'08002b:010203'
'08002b-010203'
'0800.2b01.0203'
```

```
'0800-2b01-0203'
'08002b010203'
```

Все эти примеры определяют один и тот же адрес. Шестнадцатеричные цифры от `a` до `f` могут быть и в нижнем, и в верхнем регистре. Выводятся MAC-адреса всегда в первой форме.

В стандарте IEEE 802-2001 стандартной считается вторая форма MAC-адресов (с минусами), а первая (с двоеточиями) предполагает обратный порядок бит, от старшего к младшему, так что 08-00-2b-01-02-03 = 10:00:D4:80:40:C0. В настоящее время этому соглашению практически никто не следует, и уместно оно было только для устаревших сетевых протоколов (таких как Token Ring). PostgreSQL не меняет порядок бит и во всех принимаемых форматах подразумевается традиционный порядок LSB.

Последние пять входных форматов не описаны ни в каком стандарте.

8.9.5. `macaddr8`

Тип `macaddr8` хранит MAC-адреса в формате EUI-64, применяющиеся, например, для аппаратных адресов плат Ethernet (хотя MAC-адреса используются и для других целей). Этот тип может принять и 6-байтовые, и 8-байтовые адреса MAC и сохраняет их в 8 байтах. MAC-адреса, заданные в 6-байтовом формате, хранятся в формате 8 байт, а 4-ый и 5-ый байт содержат FF и FE, соответственно. Заметьте, что для IPv6 используется модифицированный формат EUI-64, в котором 7-ой бит должен быть установлен в 1 после преобразования из EUI-48. Для выполнения этого изменения предоставляется функция `macaddr8_set7bit`. Вообще говоря, этот тип принимает любые строки, состоящие из пар шестнадцатеричных цифр (выровненных по границам байт), которые могут согласованно разделяться одинаковыми символами `':'`, `'-'` или `'.'`. Шестнадцатеричных цифр должно быть либо 16 (для 8 байт), либо 12 (для 6 байт). Начальные и конечные пробелы игнорируются. Ниже показаны примеры допустимых входных строк:

```
'08:00:2b:01:02:03:04:05'
'08-00-2b-01-02-03-04-05'
'08002b:0102030405'
'08002b-0102030405'
'0800.2b01.0203.0405'
'0800-2b01-0203-0405'
'08002b01:02030405'
'08002b0102030405'
```

Во всех этих примерах задаётся один и тот же адрес. Для цифр с `a` по `f` принимаются буквы и в верхнем, и в нижнем регистре. Вывод всегда представляется в первом из показанных форматов.

Последние шесть входных форматов из показанных выше не являются стандартизированными.

Чтобы преобразовать традиционный 48-битный MAC-адрес в формате EUI-48 в модифицированный формат EUI-64 для включения в состав адреса IPv6 в качестве адреса узла, используйте функцию `macaddr8_set7bit` следующим образом:

```
SELECT macaddr8_set7bit('08:00:2b:01:02:03');

    macaddr8_set7bit
-------------------------
 0a:00:2b:ff:fe:01:02:03
(1 row)
```

8.10. Битовые строки

Битовые строки представляют собой последовательности из 1 и 0. Их можно использовать для хранения или отображения битовых масок. В SQL есть два битовых типа: `bit(n)` и `bit varying(n)`, где *n* — положительное целое число.

Длина значения типа `bit` должна в точности равняться *n*; при попытке сохранить данные длиннее или короче произойдёт ошибка. Данные типа `bit varying` могут иметь переменную длину, но не превышающую *n*; строки большей длины не будут приняты. Запись `bit` без указания длины равнозначна записи `bit(1)`, тогда как `bit varying` без указания длины подразумевает строку неограниченной длины.

> **Примечание**
>
> При попытке привести значение битовой строки к типу `bit(n)`, оно будет усечено или дополнено нулями справа до длины ровно *n* бит, ошибки при этом не будет. Подобным образом, если явно привести значение битовой строки к типу `bit varying(n)`, она будет усечена справа, если её длина превышает *n* бит.

Синтаксис констант битовых строк описан в Подразделе 4.1.2.5, а все доступные битовые операторы и функции перечислены в Разделе 9.6.

Пример 8.3. Использование битовых строк

```
CREATE TABLE test (a BIT(3), b BIT VARYING(5));
INSERT INTO test VALUES (B'101', B'00');
INSERT INTO test VALUES (B'10', B'101');

ОШИБКА:  длина битовой строки (2) не соответствует типу bit(3)

INSERT INTO test VALUES (B'10'::bit(3), B'101');
SELECT * FROM test;

  a  |  b
-----+-----
 101 | 00
 100 | 101
```

Для хранения битовой строки используется по 1 байту для каждой группы из 8 бит, плюс 5 или 8 байт дополнительно в зависимости от длины строки (но длинные строки могут быть сжаты или вынесены отдельно, как описано в Разделе 8.3 применительно к символьным строкам).

8.11. Типы, предназначенные для текстового поиска

PostgreSQL предоставляет два типа данных для поддержки полнотекстового поиска. Текстовым поиском называется операция анализа набора *документов* с текстом на естественном языке, в результате которой находятся фрагменты, наиболее соответствующие *запросу*. Тип `tsvector` представляет документ в виде, оптимизированном для текстового поиска, а `tsquery` представляет запрос текстового поиска в подобном виде. Более подробно это описывается в Главе 12, а все связанные функции и операторы перечислены в Разделе 9.13.

8.11.1. tsvector

Значение типа `tsvector` содержит отсортированный список неповторяющихся *лексем*, т. е. слов, *нормализованных* так, что все словоформы сводятся к одной (подробнее это описано в Главе 12). Сортировка и исключение повторяющихся слов производится автоматически при вводе значения, как показано в этом примере:

```
SELECT 'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector;
                      tsvector
----------------------------------------------------
 'a' 'and' 'ate' 'cat' 'fat' 'mat' 'on' 'rat' 'sat'
```

Для представления в виде лексем пробелов или знаков препинания их нужно заключить в апострофы:

```
SELECT $$the lexeme '    ' contains spaces$$::tsvector;
                 tsvector
-------------------------------------------
 '    ' 'contains' 'lexeme' 'spaces' 'the'
```

(В данном и следующих примерах мы используем строку в долларах, чтобы не дублировать все апострофы в таких строках.) При этом включаемый апостроф или обратную косую черту нужно продублировать:

```
SELECT $$the lexeme 'Joe''s' contains a quote$$::tsvector;
                    tsvector
------------------------------------------------
 'Joe''s' 'a' 'contains' 'lexeme' 'quote' 'the'
```

Также для лексем можно указать их целочисленные *позиции*:

```
SELECT 'a:1 fat:2 cat:3 sat:4 on:5 a:6 mat:7 and:8 ate:9 a:10 fat:11 rat:12'::tsvector;
                                  tsvector
-------------------------------------------------------------------------------
 'a':1,6,10 'and':8 'ate':9 'cat':3 'fat':2,11 'mat':7 'on':5 'rat':12 'sat':4
```

Позиция обычно указывает положение исходного слова в документе. Информация о расположении слов затем может использоваться для *оценки близости*. Позиция может задаваться числом от 1 до 16383; большие значения просто заменяются на 16383. Если для одной лексемы дважды указывается одно положение, такое повторение отбрасывается.

Лексемам, для которых заданы позиции, также можно назначить *вес*, выраженный буквами `A`, `B`, `C` или `D`. Вес `D` подразумевается по умолчанию и поэтому он не показывается при выводе:

```
SELECT 'a:1A fat:2B,4C cat:5D'::tsvector;
          tsvector
----------------------------
 'a':1A 'cat':5 'fat':2B,4C
```

Веса обычно применяются для отражения структуры документа, например для придания особого значения словам в заголовке по сравнению со словами в обычном тексте. Назначенным весам можно сопоставить числовые приоритеты в функциях ранжирования результатов.

Важно понимать, что тип `tsvector` сам по себе не выполняет нормализацию слов; предполагается, что в сохраняемом значении слова уже нормализованы приложением. Например:

```
SELECT 'The Fat Rats'::tsvector;
      tsvector
--------------------
 'Fat' 'Rats' 'The'
```

Для большинства англоязычных приложений приведённые выше слова будут считаться ненормализованными, но для `tsvector` это не важно. Поэтому исходный документ обычно следует обработать функцией `to_tsvector`, нормализующей слова для поиска:

```
SELECT to_tsvector('english', 'The Fat Rats');
   to_tsvector
-----------------
 'fat':2 'rat':3
```

И это подробнее описано в Главе 12.

8.11.2. tsquery

Значение `tsquery` содержит искомые лексемы, объединяемые логическими операторами `&` (И), `|` (ИЛИ) и `!` (НЕ), а также оператором поиска фраз `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ). Также допускается вариация оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ вида `<N>`, где *N* — целочисленная константа, задающая расстояние между двумя искомыми лексемами. Запись оператора `<->` равнозначна `<1>`.

Для группировки операторов могут использоваться скобки. Без скобок эти операторы имеют разные приоритеты, в порядке убывания: `!` (НЕ), `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ), `&` (И) и `|` (ИЛИ).

Несколько примеров:

```
SELECT 'fat & rat'::tsquery;
    tsquery
---------------
 'fat' & 'rat'

SELECT 'fat & (rat | cat)'::tsquery;
          tsquery
---------------------------
 'fat' & ( 'rat' | 'cat' )

SELECT 'fat & rat & ! cat'::tsquery;
        tsquery
------------------------
 'fat' & 'rat' & !'cat'
```

Лексемам в `tsquery` можно дополнительно сопоставить буквы весов, при этом они будут соответствовать только тем лексемам в `tsvector`, которые имеют какой-либо из этих весов:

```
SELECT 'fat:ab & cat'::tsquery;
    tsquery
------------------
 'fat':AB & 'cat'
```

Кроме того, в лексемах `tsquery` можно использовать знак `*` для поиска по префиксу:

```
SELECT 'super:*'::tsquery;
  tsquery
-----------
 'super':*
```

Этот запрос найдёт все слова в `tsvector`, начинающиеся с приставки «super».

Апострофы в лексемах этого типа можно использовать так же, как и в лексемах в `tsvector`; и так же, как и для типа `tsvector`, необходимая нормализация слова должна выполняться до приведения значения к типу `tsquery`. Для такой нормализации удобно использовать функцию `to_tsquery`:

```
SELECT to_tsquery('Fat:ab & Cats');
    to_tsquery
------------------
 'fat':AB & 'cat'
```

Заметьте, что функция `to_tsquery` будет обрабатывать префиксы подобно другим словам, поэтому следующее сравнение возвращает true:

```
SELECT to_tsvector( 'postgraduate' ) @@ to_tsquery( 'postgres:*' );
 ?column?
----------
 t
```

так как `postgres` преобразуется стеммером в `postgr`:

```
SELECT to_tsvector( 'postgraduate' ), to_tsquery( 'postgres:*' );
  to_tsvector  | to_tsquery
---------------+------------
 'postgradu':1 | 'postgr':*
```

и эта приставка находится в преобразованной форме слова `postgraduate`.

8.12. Тип UUID

Тип данных uuid сохраняет универсальные уникальные идентификаторы (Universally Unique Identifiers, UUID), определённые в RFC 4122, ISO/IEC 9834-8:2005 и связанных стандартах. (В некоторых системах это называется GUID, глобальным уникальным идентификатором.) Этот идентификатор представляет собой 128-битное значение, генерируемое специальным алгоритмом, практически гарантирующим, что этим же алгоритмом оно не будет получено больше нигде в мире. Таким образом, эти идентификаторы будут уникальными и в распределённых системах, а не только в единственной базе данных, как значения генераторов последовательностей.

UUID записывается в виде последовательности шестнадцатеричных цифр в нижнем регистре, разделённых знаками минуса на несколько групп, в таком порядке: группа из 8 цифр, за ней три группы из 4 цифр и, наконец, группа из 12 цифр, что в сумме составляет 32 цифры и представляет 128 бит. Пример UUID в этом стандартном виде:

```
a0eebc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9bd380a11
```

PostgreSQL также принимает альтернативные варианты: цифры в верхнем регистре, стандартную запись, заключённую в фигурные скобки, запись без минусов или с минусами, разделяющими любые группы из четырёх цифр. Например:

```
A0EEBC99-9C0B-4EF8-BB6D-6BB9BD380A11
{a0eebc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9bd380a11}
a0eebc999c0b4ef8bb6d6bb9bd380a11
a0ee-bc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9-bd38-0a11
{a0eebc99-9c0b4ef8-bb6d6bb9-bd380a11}
```

Выводится значение этого типа всегда в стандартном виде.

Как можно сгенерировать UUID в PostgreSQL, описывается в Разделе 9.14.

8.13. Тип XML

Тип xml предназначен для хранения XML-данных. Его преимущество по сравнению с обычным типом text в том, что он проверяет вводимые значения на допустимость по правилам XML и для работы с ним есть типобезопасные функции; см. Раздел 9.15. Для использования этого типа дистрибутив должен быть скомпилирован в конфигурации configure --with-libxml.

Тип xml может сохранять правильно оформленные «документы», в соответствии со стандартом XML, а также фрагменты «содержимого», определяемые как менее ограниченные *«узлы документа»* в модели данных XQuery и XPath. Другими словами, это означает, что во фрагментах содержимого может быть несколько элементов верхнего уровня или текстовых узлов. Является ли некоторое значение типа xml полным документом или фрагментом содержимого, позволяет определить выражение *xml-значение* IS DOCUMENT.

Информацию о совместимости и ограничениях типа данных xml можно найти в Разделе D.3.

8.13.1. Создание XML-значений

Чтобы получить значение типа xml из текстовой строки, используйте функцию xmlparse:

```
XMLPARSE ( { DOCUMENT | CONTENT } value)
```

Примеры:

```
XMLPARSE (DOCUMENT '<?xml version="1.0"?><book><title>Manual</title><chapter>...</
chapter></book>')
XMLPARSE (CONTENT 'abc<foo>bar</foo><bar>foo</bar>')
```

Хотя в стандарте SQL описан только один способ преобразования текстовых строк в XML-значения, специфический синтаксис PostgreSQL:

```
xml '<foo>bar</foo>'
'<foo>bar</foo>'::xml
```

тоже допустим.

Тип `xml` не проверяет вводимые значения по схеме DTD (Document Type Declaration, Объявления типа документа), даже если в них присутствуют ссылка на DTD. В настоящее время в PostgreSQL также нет встроенной поддержки других разновидностей схем, например XML Schema.

Обратная операция, получение текстовой строки из `xml`, выполняется с помощью функции `xmlserialize`:

```
XMLSERIALIZE ( { DOCUMENT | CONTENT } значение AS тип )
```

Здесь допустимый *тип* — `character`, `character varying` или `text` (или их псевдонимы). И в данном случае стандарт SQL предусматривает только один способ преобразования `xml` в тип текстовых строк, но PostgreSQL позволяет просто привести значение к нужному типу.

При преобразовании текстовой строки в тип `xml` или наоборот без использования функций `XMLPARSE` и `XMLSERIALIZE`, выбор режима `DOCUMENT` или `CONTENT` определяется параметром конфигурации сеанса «XML option», установить который можно следующей стандартной командой:

```
SET XML OPTION { DOCUMENT | CONTENT };
```

или такой командой в духе PostgreSQL:

```
SET xmloption TO { DOCUMENT | CONTENT };
```

По умолчанию этот параметр имеет значение `CONTENT`, так что допускаются все формы XML-данных.

8.13.2. Обработка кодировки

Если на стороне сервера и клиента и в XML-данных используются разные кодировки символов, с этим могут возникать проблемы. Когда запросы передаются на сервер, а их результаты возвращаются клиенту в обычном текстовом режиме, PostgreSQL преобразует все передаваемые текстовые данные в кодировку для соответствующей стороны; см. Раздел 23.3. В том числе это происходит и со строковыми представлениями XML-данных, подобными тем, что показаны в предыдущих примерах. Обычно это означает, что объявления кодировки, содержащиеся в XML-данных, могут не соответствовать действительности, когда текстовая строка преобразуется из одной кодировки в другую при передаче данных между клиентом и сервером, так как подобные включённые в данные объявления не будут изменены автоматически. Для решения этой проблемы объявления кодировки, содержащиеся в текстовых строках, вводимых в тип `xml`, просто *игнорируются* и предполагается, что XML-содержимое представлено в текущей кодировке сервера. Как следствие, для правильной обработки таких строк с XML-данными клиент должен передавать их в своей текущей кодировке. Для сервера не важно, будет ли клиент для этого преобразовывать документы в свою кодировку, или изменит её, прежде чем передавать ему данные. При выводе значения типа `xml` не содержат объявления кодировки, а клиент должен предполагать, что все данные поступают в его текущей кодировке.

Если параметры запроса передаются на сервер и он возвращает результаты клиенту в двоичном режиме, кодировка символов не преобразуется, так что возникает другая ситуация. В этом случае объявление кодировки в XML принимается во внимание, а если его нет, то предполагается, что данные закодированы в UTF-8 (это соответствует стандарту XML; заметьте, что PostgreSQL не поддерживает UTF-16). При выводе в данные будет добавлено объявление кодировки, выбранной на стороне клиента (но если это UTF-8, объявление будет опущено).

Само собой, XML-данные в PostgreSQL будут обрабатываться гораздо эффективнее, когда и в XML-данных, и на стороне клиента, и на стороне сервера используется одна кодировка. Так как внутри XML-данные представляются в UTF-8, оптимальный вариант, когда на сервере также выбрана кодировка UTF-8.

Внимание

Некоторые XML-функции способны работать исключительно с ASCII-данными, если кодировка сервера не UTF-8. В частности, это известная особенность функций `xmltable()` и `xpath()`.

8.13.3. Обращение к XML-значениям

Тип `xml` отличается от других тем, что для него не определены никакие операторы сравнения, так как чётко определённого и универсального алгоритма сравнения XML-данных не существует. Одно из следствий этого — нельзя отфильтровать строки таблицы, сравнив столбец `xml` с искомым значением. Поэтому обычно XML-значения должны дополняться отдельным ключевым полем, например ID. Можно также сравнивать XML-значения, преобразовав их сначала в текстовые строки, но заметьте, что с учётом специфики XML-данных этот метод практически бесполезен.

Из-за отсутствия операторов сравнения для типа `xml`, для столбца этого типа также нельзя создать индекс. Поэтому, когда требуется быстрый поиск в XML данных, обойти это ограничение можно, приведя данные к типу текстовой строки и проиндексировав эти строки, либо проиндексировав выражение XPath. Конечно сам запрос при этом следует изменить, чтобы поиск выполнялся по индексированному выражению.

Для ускорения поиска в XML-данных также можно использовать функции полнотекстового поиска в PostgreSQL. Однако это требует определённой подготовки данных, что дистрибутив PostgreSQL пока не поддерживает.

8.14. Типы JSON

Типы JSON предназначены для хранения данных JSON (JavaScript Object Notation, Запись объекта JavaScript) согласно стандарту *RFC 7159*. Такие данные можно хранить и в типе `text`, но типы JSON лучше тем, что проверяют, соответствует ли вводимое значение формату JSON. Для работы с ними есть также несколько специальных функций и операторов; см. Раздел 9.16.

В PostgreSQL имеются два типа для хранения данных JSON: `json` и `jsonb`. Для реализации эффективного механизма запросов к этим типам данных в PostgreSQL также имеется тип `jsonpath`, описанный в Подразделе 8.14.6.

Типы данных `json` и `jsonb` принимают на вход *почти* одинаковые наборы значений, а отличаются они главным образом с точки зрения эффективности. Тип `json` сохраняет точную копию введённого текста, которую функции обработки должны разбирать заново при каждом выполнении запроса, тогда как данные `jsonb` сохраняются в разобранном двоичном формате, что несколько замедляет ввод из-за преобразования, но значительно ускоряет обработку, не требуя многократного разбора текста. Кроме того, `jsonb` поддерживает индексацию, что тоже может быть очень полезно.

Так как тип `json` сохраняет точную копию введённого текста, он сохраняет семантически незначащие пробелы между элементами, а также порядок ключей в JSON-объектах. И если JSON-объект внутри содержит повторяющиеся ключи, этот тип сохранит все пары ключ/значение. (Функции обработки будут считать действительной последнюю пару.) Тип `jsonb`, напротив, не сохраняет пробелы, порядок ключей и значения с дублирующимися ключами. Если во входных данных оказываются дублирующиеся ключи, сохраняется только последнее значение.

Для большинства приложений предпочтительнее хранить данные JSON в типе `jsonb` (если нет особых противопоказаний, например важны прежние предположения о порядке ключей объектов).

В RFC 7159 говорится, что строки JSON должны быть представлены в кодировке UTF-8. Поэтому данные JSON не будут полностью соответствовать спецификации, если кодировка базы данных не UTF-8. При этом нельзя будет вставить в JSON символы, непредставимые в кодировке сервера, и наоборот, допустимыми будут символы, представимые в кодировке сервера, но не в UTF-8.

RFC 7159 разрешает включать в строки JSON спецпоследовательности Unicode в виде `\u`*`XXXX`*. В функцию ввода для типа `json` эти спецпоследовательности допускаются вне зависимости от кодировки базы данных, и проверяется только правильность их синтаксиса (за `\u` должны следовать четыре шестнадцатеричных цифры). Однако функция ввода для типа `jsonb` более строгая: она не допускает спецпоследовательности Unicode для символов, которые не могут быть представлены в кодировке базы. Тип `jsonb` также не принимает `\u0000` (так как это значение не может быть представлено в типе `text` PostgreSQL) и требует, чтобы суррогатные пары Unicode использовались для представления символов вне основной многоязыковой плоскости (BMP) правильно. Корректные спецпоследовательности Unicode преобразуются для хранения в один соответствующий символ (это подразумевает сворачивание суррогатных пар в один символ).

> **Примечание**
>
> Многие из функций обработки JSON, описанные в Разделе 9.16, преобразуют спецпоследовательности Unicode в обычные символы, поэтому могут выдавать подобные ошибки, даже если им на вход поступает тип `json`, а не `jsonb`. То, что функция ввода в тип `json` не производит этих проверок, можно считать историческим артефактом, хотя это и позволяет просто сохранять (но не обрабатывать) в JSON спецкоды Unicode в базе данных с кодировкой, в которой представленные таким образом символы отсутствуют.

При преобразовании вводимого текста JSON в тип `jsonb`, примитивные типы, описанные в RFC 7159, по сути отображаются в собственные типы PostgreSQL как показано в Таблице 8.23. Таким образом, к содержимому типа `jsonb` предъявляются некоторые дополнительные требования, продиктованные ограничениями представления нижележащего типа данных, которые не распространяются ни на тип `json`, ни на формат JSON вообще. В частности, тип `jsonb` не принимает числа, выходящие за диапазон типа данных PostgreSQL `numeric`, тогда как с `json` такого ограничения нет. Такие ограничения, накладываемые реализацией, допускаются согласно RFC 7159. Однако на практике такие проблемы более вероятны в других реализациях, так как обычно примитивный тип JSON `number` представляется в виде числа с плавающей точкой двойной точности IEEE 754 (что RFC 7159 явно признаёт и допускает). При использовании JSON в качестве формата обмена данными с такими системами следует учитывать риски потери точности чисел, хранившихся в PostgreSQL.

И напротив, как показано в таблице, есть некоторые ограничения в формате ввода примитивных типов JSON, не актуальные для соответствующих типов PostgreSQL.

Таблица 8.23. Примитивные типы JSON и соответствующие им типы PostgreSQL

Примитивный тип JSON	Тип PostgreSQL	Примечания
`string`	`text`	`\u0000` не допускается как спецпоследовательность Unicode, представляющая символ, который отсутствует в кодировке базы
`number`	`numeric`	Значения `NaN` и `infinity` не допускаются
`boolean`	`boolean`	Допускаются только варианты `true` и `false` (в нижнем регистре)
`null`	(нет)	`NULL` в SQL имеет другой смысл

8.14.1. Синтаксис вводимых и выводимых значений JSON

Синтаксис ввода/вывода типов данных JSON соответствует стандарту RFC 7159.

Примеры допустимых выражений с типом `json` (или `jsonb`):

```
-- Простое скалярное/примитивное значение
-- Простыми значениями могут быть числа, строки в кавычках, true, false или null
SELECT '5'::json;

-- Массив из нуля и более элементов (элементы могут быть разных типов)
SELECT '[1, 2, "foo", null]'::json;

-- Объект, содержащий пары ключей и значений
-- Заметьте, что ключи объектов — это всегда строки в кавычках
```

```
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active": false}'::json;

-- Массивы и объекты могут вкладываться произвольным образом
SELECT '{"foo": [true, "bar"], "tags": {"a": 1, "b": null}}'::json;
```

Как было сказано ранее, когда значение JSON вводится и затем выводится без дополнительной обработки, тип `json` выводит тот же текст, что поступил на вход, а `jsonb` не сохраняет семантически незначащие детали, такие как пробелы. Например, посмотрите на эти различия:

```
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}'::json;
                      json
-------------------------------------------------
 {"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}
(1 row)

SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}'::jsonb;
                      jsonb
--------------------------------------------------
 {"bar": "baz", "active": false, "balance": 7.77}
(1 row)
```

Первая семантически незначимая деталь, заслуживающая внимания: с `jsonb` числа выводятся по правилам нижележащего типа `numeric`. На практике это означает, что числа, заданные в записи с `E`, будут выведены без неё, например:

```
SELECT '{"reading": 1.230e-5}'::json, '{"reading": 1.230e-5}'::jsonb;
         json          |          jsonb
-----------------------+-------------------------
 {"reading": 1.230e-5} | {"reading": 0.00001230}
(1 row)
```

Однако как видно из этого примера, `jsonb` сохраняет конечные нули дробного числа, хотя они и не имеют семантической значимости, в частности для проверки на равенство.

Список встроенных функций и операторов, позволяющих создавать и обрабатывать значения JSON, приведён в Разделе 9.16.

8.14.2. Проектирование документов JSON

Представлять данные в JSON можно гораздо более гибко, чем в традиционной реляционной модели данных, что очень привлекательно там, где нет жёстких условий. И оба этих подхода вполне могут сосуществовать и дополнять друг друга в одном приложении. Однако даже для приложений, которым нужна максимальная гибкость, рекомендуется, чтобы документы JSON имели некоторую фиксированную структуру. Эта структура обычно не навязывается жёстко (хотя можно декларативно диктовать некоторые бизнес-правила), но когда она предсказуема, становится гораздо проще писать запросы, которые извлекают полезные данные из набора «документов» (информации) в таблице.

Данные JSON, как и данные любых других типов, хранящиеся в таблицах, находятся под контролем механизма параллельного доступа. Хотя хранить большие документы вполне возможно, не забывайте, что при любом изменении устанавливается блокировка всей строки (на уровне строки). Поэтому для оптимизации блокировок транзакций, изменяющих данные, стоит ограничить размер документов JSON разумными пределами. В идеале каждый документ JSON должен собой представлять атомарный информационный блок, который, согласно бизнес-логике, нельзя разделить на меньшие, индивидуально изменяемые блоки.

8.14.3. Проверки на вхождение и существование `jsonb`

Проверка *вхождения* — важная особенность типа `jsonb`, не имеющая аналога для типа `json`. Эта проверка определяет, входит ли один документ `jsonb` в другой. В следующих примерах возвращается истинное значение (кроме упомянутых исключений):

```
-- Простые скалярные/примитивные значения включают только одно идентичное значение:
SELECT '"foo"'::jsonb @> '"foo"'::jsonb;

-- Массив с правой стороны входит в массив слева:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[1, 3]'::jsonb;

-- Порядок элементов в массиве не важен, поэтому это условие тоже выполняется:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[3, 1]'::jsonb;

-- А повторяющиеся элементы массива не имеют значения:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[1, 2, 2]'::jsonb;

-- Объект с одной парой справа входит в объект слева:
SELECT '{"product": "PostgreSQL", "version": 9.4, "jsonb": true}'::jsonb @>
 '{"version": 9.4}'::jsonb;

-- Массив справа не считается входящим в
-- массив слева, хотя в последний и вложен подобный массив:
SELECT '[1, 2, [1, 3]]'::jsonb @> '[1, 3]'::jsonb;  -- выдаёт false

-- Но если добавить уровень вложенности, проверка на вхождение выполняется:
SELECT '[1, 2, [1, 3]]'::jsonb @> '[[1, 3]]'::jsonb;

-- Аналогично, это вхождением не считается:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb @> '{"bar": "baz"}'::jsonb;  -- выдаёт false

-- Ключ с пустым объектом на верхнем уровне входит в объект с таким ключом:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb @> '{"foo": {}}'::jsonb;
```

Общий принцип этой проверки в том, что входящий объект должен соответствовать объекту, содержащему его, по структуре и данным, возможно, после исключения из содержащего объекта лишних элементов массива или пар ключ/значение. Но помните, что порядок элементов массива для проверки на вхождение не имеет значения, а повторяющиеся элементы массива считаются только один раз.

В качестве особого исключения для требования идентичности структур, массив может содержать примитивное значение:

```
-- В этот массив входит примитивное строковое значение:
SELECT '["foo", "bar"]'::jsonb @> '"bar"'::jsonb;

-- Это исключение действует только в одну сторону -- здесь вхождения нет:
SELECT '"bar"'::jsonb @> '["bar"]'::jsonb;  -- выдаёт false
```

Для типа `jsonb` введён также оператор *существования*, который является вариацией на тему вхождения: он проверяет, является ли строка (заданная в виде значения `text`) ключом объекта или элементом массива на верхнем уровне значения `jsonb`. В следующих примерах возвращается истинное значение (кроме упомянутых исключений):

```
-- Строка существует в качестве элемента массива:
SELECT '["foo", "bar", "baz"]'::jsonb ? 'bar';

-- Строка существует в качестве ключа объекта:
SELECT '{"foo": "bar"}'::jsonb ? 'foo';

-- Значения объектов не рассматриваются:
SELECT '{"foo": "bar"}'::jsonb ? 'bar';  -- выдаёт false

-- Как и вхождение, существование определяется на верхнем уровне:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb ? 'bar'; -- выдаёт false
```

```
-- Строка считается существующей, если она соответствует примитивной строке JSON:
SELECT '"foo"'::jsonb ? 'foo';
```

Объекты JSON для проверок на существование и вхождение со множеством ключей или элементов подходят больше, чем массивы, так как, в отличие от массивов, они внутри оптимизируются для поиска, и поиск элемента не будет линейным.

> **Подсказка**
>
> Так как вхождение в JSON проверяется с учётом вложенности, правильно написанный запрос может заменить явную выборку внутренних объектов. Например, предположим, что у нас есть столбец `doc`, содержащий объекты на верхнем уровне, и большинство этих объектов содержит поля `tags` с массивами вложенных объектов. Данный запрос найдёт записи, в которых вложенные объекты содержат ключи `"term":"paris"` и `"term":"food"`, и при этом пропустит такие ключи, находящиеся вне массива `tags`:
>
> ```
> SELECT doc->'site_name' FROM websites
>   WHERE doc @> '{"tags":[{"term":"paris"}, {"term":"food"}]}';
> ```
>
> Этого же результата можно добиться, например, так:
>
> ```
> SELECT doc->'site_name' FROM websites
>   WHERE doc->'tags' @> '[{"term":"paris"}, {"term":"food"}]';
> ```
>
> Но данный подход менее гибкий и часто также менее эффективный.
>
> С другой стороны, оператор существования JSON не учитывает вложенность: он будет искать заданный ключ или элемент массива только на верхнем уровне значения JSON.

Различные операторы вхождения и существования, а также все другие операторы и функции для работы с JSON документированы в Разделе 9.16.

8.14.4. Индексация `jsonb`

Для эффективного поиска ключей или пар ключ/значение в большом количестве документов `jsonb` можно успешно применять индексы GIN. Для этого предоставляются два «класса операторов» GIN, предлагающие выбор между производительностью и гибкостью.

Класс операторов GIN по умолчанию для `jsonb` поддерживает запросы с операторами существования ключа (`?`, `?|` и `?&`), оператором включения (`@>`) и операторами соответствия для `jsonpath` (`@?` и `@@`). (Подробнее семантика, реализуемая этими операторами, описана в Таблице 9.45.) Пример создания индекса с этим классом операторов:

```
CREATE INDEX idxgin ON api USING GIN (jdoc);
```

Дополнительный класс операторов GIN `jsonb_path_ops` не поддерживает операторы существования ключа, но поддерживает `@>`, `@?` и `@@`. Пример создания индекса с этим классом операторов:

```
CREATE INDEX idxginp ON api USING GIN (jdoc jsonb_path_ops);
```

Рассмотрим пример таблицы, в которой хранятся документы JSON, получаемые от сторонней веб-службы, с документированным определением схемы. Типичный документ:

```
{
    "guid": "9c36adc1-7fb5-4d5b-83b4-90356a46061a",
    "name": "Angela Barton",
    "is_active": true,
    "company": "Magnafone",
    "address": "178 Howard Place, Gulf, Washington, 702",
    "registered": "2009-11-07T08:53:22 +08:00",
    "latitude": 19.793713,
```

```
    "longitude": 86.513373,
    "tags": [
        "enim",
        "aliquip",
        "qui"
    ]
}
```

Мы сохраняем эти документы в таблице `api`, в столбце `jdoc` типа `jsonb`. Если по этому столбцу создаётся GIN-индекс, он может применяться в подобных запросах:

```
-- Найти документы, в которых ключ "company" имеет значение "Magnafone"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @> '{"company": "Magnafone"}';
```

Однако в следующих запросах он не будет использоваться, потому что, несмотря на то, что оператор `?` — индексируемый, он применяется не к индексированному столбцу `jdoc` непосредственно:

```
-- Найти документы, в которых ключ "tags" содержит ключ или элемент массива "qui"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc -> 'tags' ? 'qui';
```

И всё же, правильно применяя индексы выражений, в этом запросе можно задействовать индекс. Если запрос определённых элементов в ключе `"tags"` выполняется часто, вероятно стоит определить такой индекс:

```
CREATE INDEX idxgintags ON api USING GIN ((jdoc -> 'tags'));
```

Теперь предложение `WHERE jdoc -> 'tags' ? 'qui'` будет выполняться как применение индексируемого оператора `?` к индексируемому выражению `jdoc -> 'tags'`. (Подробнее об индексах выражений можно узнать в Разделе 11.7.)

Ещё один подход к использованию проверок на существование:

```
-- Найти документы, в которых ключ "tags" содержит элемент массива "qui"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @> '{"tags": ["qui"]}';
```

Этот запрос может задействовать простой GIN-индекс по столбцу `jdoc`. Но заметьте, что такой индекс будет хранить копии всех ключей и значений в поле `jdoc`, тогда как индекс выражения из предыдущего примера хранит только данные внутри объекта с ключом `tags`. Хотя подход с простым индексом гораздо более гибкий (так как он поддерживает запросы по любому ключу), индексы конкретных выражений скорее всего будут меньше и быстрее, чем простые индексы.

Также индексы GIN поддерживают операторы `@?` и `@@`, которые сопоставляют `jsonpath` с данными. Примеры:

```
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @? '$.tags[*] ? (@ == "qui")';
```

```
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @@ '$.tags[*] == "qui"';
```

Для этих операторов индекс GIN извлекает из `jsonpath` предложения вида *`цепочка_обращения`* `=` *`константа`* и выполняет поиск по ключам и значениям из этих предложений. Цепочка обращения может включать указания обращения `.`*`ключ`*, `[*]` и `[`*`индекс`*`]`. Класс операторов `jsonb_ops` также поддерживает указания `.*` и `.**`, которые не поддерживает класс операторов `jsonb_path_ops`.

Класс операторов `jsonb_path_ops` поддерживает только запросы с операторами `@>`, `@?` и `@@`, но он значительно производительнее класса по умолчанию `jsonb_ops`. Индекс `jsonb_path_ops` обычно гораздо меньше индекса `jsonb_ops` для тех же данных и более точен при поиске, особенно если запросы обращаются к ключам, часто встречающимся в данных. Таким образом, с ним операции поиска выполняются гораздо эффективнее, чем с классом операторов по умолчанию.

Техническое различие между GIN-индексами `jsonb_ops` и `jsonb_path_ops` состоит в том, что для первых создаются независимые элементы индекса для каждого ключа/значения в данных, тогда как для вторых создаются элементы только для значений. [1] По сути, каждый элемент индекса

[1] Поэтому понятие «значение» включает и элементы массивов, хотя в терминологии JSON иногда элементы массивов считаются отличными от значений внутри объектов.

`jsonb_path_ops` представляет собой хеш значения и ключа(ей), приводящего к нему; например, при индексации `{"foo": {"bar": "baz"}}` будет создан один элемент индекса с хешем, рассчитанным по всем трём значениям: `foo`, `bar` и `baz`. Таким образом, проверка на вхождение этой структуры будет использовать крайне точный поиск по индексу, но определить, является ли `foo` ключом, с помощью такого индекса нельзя. С другой стороны, индекс `jsonb_ops` создаст три отдельных элемента индекса, представляющих `foo`, `bar` и `baz` по отдельности; для выполнения проверки на вхождение будут проверены строки таблицы, содержащие все эти три значения. Хотя GIN-индексы позволяют вычислить AND довольно эффективно, такой поиск всё же будет менее точным и более медленным, чем равнозначный поиск с `jsonb_path_ops`, особенно если любое одно из этих трёх значений содержится в большом количестве строк.

Недостаток класса `jsonb_path_ops` заключается в том, что он не учитывает в индексе структуры JSON, не содержащие никаких значений `{"a": {}}`. Для поиска по документам, содержащих такие структуры, потребуется выполнить полное сканирование индекса, что довольно долго, поэтому `jsonb_path_ops` не очень подходит для приложений, часто выполняющих такие запросы.

Тип `jsonb` также поддерживает индексы `btree` и `hash`. Они полезны, только если требуется проверять равенство JSON-документов в целом. Порядок сортировки `btree` для типа `jsonb` редко имеет большое значение, но для полноты он приводится ниже:

```
Объект > Массив > Логическое значение > Число > Строка > null

Объект с n парами > Объект с n - 1 парами

Массив с n элементами > Массив с n - 1 элементами
```

за исключением того, что (по историческим причинам) пустой массив верхнего уровня сортируется как меньший, чем *null*. Объекты с равным количеством пар сравниваются в таком порядке:

```
ключ-1, значение-1, ключ-2 ...
```

Заметьте, что ключи объектов сравниваются согласно порядку при хранении; в частности, из-за того, что короткие ключи хранятся перед длинными, результаты могут оказаться несколько не интуитивными:

```
{ "aa": 1, "c": 1} > {"b": 1, "d": 1}
```

Массивы с равным числом элементом упорядочиваются аналогично:

```
элемент-1, элемент-2 ...
```

Примитивные значения JSON сравниваются по тем же правилам сравнения, что и нижележащие типы данных PostgreSQL. Строки сравниваются с учётом порядка сортировки по умолчанию в текущей базе данных.

8.14.5. Трансформации

Для различных процедурных языков представлены дополнительные расширения, реализующие трансформации для типа `jsonb`.

Расширения для PL/Perl называются `jsonb_plperl` и `jsonb_plperlu`. Когда они используются, значения `jsonb` отображаются в соответствующие структуры Perl: массивы, хеши или скаляры.

Расширения для PL/Python называются `jsonb_plpythonu`, `jsonb_plpython2u` и `jsonb_plpython3u` (принятое в PL/Python соглашение об именовании описано в Разделе 45.1). Когда они используются, значения `jsonb` отображаются в соответствующие структуры Python: массивы, хеши или скаляры.

Из этих расширений «доверенным» считается `jsonb_plperl`, то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных. Остальные расширения могут устанавливать только суперпользователи.

8.14.6. Тип jsonpath

Тип `jsonpath` предназначен для реализации поддержки языка путей SQL/JSON в PostgreSQL, позволяющего эффективно выполнять запросы к данным JSON. Он обеспечивает двоичное представление разобранного выражения пути SQL/JSON, определяющего, какие элементы должны извлекаться из данных JSON для дальнейшей обработки в функциях SQL/JSON.

Семантика предикатов и операторов языка путей SQL/JSON в целом соответствует SQL. В то же время, чтобы с данными JSON можно было оперировать естественным образом, в синтаксисе путей SQL/JSON приняты некоторые соглашения JavaScript:

- Точка (`.`) применяется для доступа к члену объекта.
- Квадратные скобки (`[]`) применяются для обращения к массиву.
- Элементы массивов в SQL/JSON нумеруются с 0, тогда как обычные массивы SQL — с 1.

Выражение пути SQL/JSON обычно записывается в SQL-запросе в виде символьной константы SQL, и поэтому должно заключаться в апострофы, а любой апостроф, который нужно заключить в это значение, должен дублироваться (см. Подраздел 4.1.2.1). Нередко строковые константы требуется использовать и внутри выражений путей. На такие константы распространяются соглашения JavaScript/ECMAScript: они должны заключаться в двойные кавычки, а для представления символов, которые сложно ввести иначе, используются спецпоследовательности с обратной косой чертой. В частности, символ двойных кавычек внутри строковой константы записывается как `\"`, а собственно обратная косая черта как `\\`. В число других спецпоследовательностей, воспринимаемых в строках JavaScript, входят: `\b`, `\f`, `\n`, `\r`, `\t`, `\v`, выражающие различные управляющие символы ASCII, `\x`*NN*, выражающая символ кодом в виде только двух шестнадцатеричных цифр, `\u`*NNNN*, выражающая символ Unicode кодом в виде четырёх шестнадцатеричных цифр, а также `\u{`*N...*`}`, позволяющая для записи кода символа Unicode использовать от 1 до 6 шестнадцатеричных цифр.

Выражение пути состоит из последовательности элементов пути, которые могут быть следующими:

- Константы примитивных типов JSON: текст Unicode, числа и значения true, false и null.
- Переменные пути перечислены в Таблице 8.24.
- Операторы обращения перечислены в Таблице 8.25.
- Операторы и методы `jsonpath` перечислены в Подразделе 9.16.2.2.
- Скобки, применяющиеся для образования выражений фильтра и изменения порядка вычисления пути.

Более подробно использование выражений `jsonpath` с функциями запросов SQL/JSON описано в Подразделе 9.16.2.

Таблица 8.24. Переменные `jsonpath`

Переменная	Описание
`$`	Переменная, представляющая значение JSON, фигурирующее в запросе (*элемент контекста*).
`$varname`	Именованная переменная. Её значение может быть задано в параметре *`vars`*, который принимают различные функции обработки JSON; подробности в Таблице 9.47.
`@`	Переменная, представляющая результат вычисления пути в выражениях фильтров.

Таблица 8.25. Операторы обращения в `jsonpath`

Оператор обращения	Описание
`.`*`key`* `."$`*`имя_переменной`*`"`	Оператор обращения к члену объекта, выбираемому по заданному ключу. Если имя ключа совпадает с именем какой-либо переменной, начинающимся с `$`, или не соответствует действу-

Оператор обращения	Описание
	ющим в JavaScript требованиям к идентификаторам, оно должно заключаться в двойные кавычки и таким образом представляться как строковая константа.
`.*`	Оператор обращения по звёздочке, который возвращает значения всех членов, находящихся на верхнем уровне объекта.
`.**`	Рекурсивный оператор обращения по звёздочке, который проходит по всем уровням иерархии JSON текущего объекта и возвращает все значения членов, вне зависимости от их уровня вложенности. Это реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL/JSON.

`.**{`*уровень*`}`
 	
`.**{`*начальный_уровень* `to` *конечный_уровень* `}`
	Этот оператор подобен `.**`, но выбирает только указанные уровни иерархии JSON. Уровни вложенности задаются целыми числами, при этом нулевой уровень соответствует текущему объекту. Для обращения к самому нижнему уровню вложенности можно использовать ключевое слово `last`. Это реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL/JSON.

`[`*селектор*`, ...]`	Оператор обращения к элементу массива. *Селектор* может задаваться в двух формах: *индекс* или *начальный_индекс* `to` *конечный_индекс* . Первая форма выбирает единственный элемент по индексу. Вторая форма выбирает срез массива по двум индексам, включающий крайние элементы, соответствущие значениям *начальный_индекс* и *конечный_индекс* . Задаваемый *индекс* может быть целочисленным значением или выражением, возвращающим единственное число, которое автоматически приводится к целому. Индекс 0 соответствует первому элементу массива. Также в качестве индекса принимается ключевое слово `last`, обозначающее индекс последнего элемента массива, что полезно при обработке массивов неизвестной длины.
`[*]`	Оператор обращения к элементам массива по звёздочке, возвращающий все элементы массива.

8.15. Массивы

PostgreSQL позволяет определять столбцы таблицы как многомерные массивы переменной длины. Элементами массивов могут быть любые встроенные или определённые пользователями базовые типы, перечисления, составные типы, типы-диапазоны или домены.

8.15.1. Объявления типов массивов

Чтобы проиллюстрировать использование массивов, мы создадим такую таблицу:

```
CREATE TABLE sal_emp (
    name            text,
    pay_by_quarter  integer[],
    schedule        text[][]
);
```

Как показано, для объявления типа массива к названию типа элементов добавляются квадратные скобки (`[]`). Показанная выше команда создаст таблицу `sal_emp` со столбцами типов `text` (`name`), одномерный массив с элементами `integer` (`pay_by_quarter`), представляющий квартальную зарплату работников, и двухмерный массив с элементами `text` (`schedule`), представляющий недельный график работника.

Команда `CREATE TABLE` позволяет также указать точный размер массивов, например так:

```
CREATE TABLE tictactoe (
    squares   integer[3][3]
);
```

Однако текущая реализация игнорирует все указанные размеры, т. е. фактически размер массива остаётся неопределённым.

Текущая реализация также не ограничивает число размерностей. Все элементы массивов считаются одного типа, вне зависимости от его размера и числа размерностей. Поэтому явно указывать число элементов или размерностей в команде `CREATE TABLE` имеет смысл только для документирования, на механизм работы с массивом это не влияет.

Для объявления одномерных массивов можно применять альтернативную запись с ключевым словом `ARRAY`, соответствующую стандарту SQL. Столбец `pay_by_quarter` можно было бы определить так:

```
    pay_by_quarter  integer ARRAY[4],
```

Или без указания размера массива:

```
    pay_by_quarter  integer ARRAY,
```

Заметьте, что и в этом случае PostgreSQL не накладывает ограничения на фактический размер массива.

8.15.2. Ввод значения массива

Чтобы записать значение массива в виде буквальной константы, заключите значения элементов в фигурные скобки и разделите их запятыми. (Если вам знаком C, вы найдёте, что это похоже на синтаксис инициализации структур в C.) Вы можете заключить значение любого элемента в двойные кавычки, а если он содержит запятые или фигурные скобки, это обязательно нужно сделать. (Подробнее это описано ниже.) Таким образом, общий формат константы массива выглядит так:

```
'{ значение1 разделитель значение2 разделитель ... }'
```

где *`разделитель`* — символ, указанный в качестве разделителя в соответствующей записи в таблице `pg_type`. Для стандартных типов данных, существующих в дистрибутиве PostgreSQL, разделителем является запятая (`,`), за исключением лишь типа `box`, в котором разделитель —точка с запятой (`;`). Каждое *`значение`* здесь — это либо константа типа элемента массива, либо вложенный массив. Например, константа массива может быть такой:

```
'{{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}}'
```

Эта константа определяет двухмерный массив 3x3, состоящий из трёх вложенных массивов целых чисел.

Чтобы присвоить элементу массива значение NULL, достаточно просто написать `NULL` (регистр символов при этом не имеет значения). Если же требуется добавить в массив строку, содержащую «NULL», это слово нужно заключить в двойные кавычки.

(Такого рода константы массивов на самом деле представляют собой всего лишь частный случай констант, описанных в Подразделе 4.1.2.7. Константа изначально воспринимается как строка и передаётся процедуре преобразования вводимого массива. При этом может потребоваться явно указать целевой тип.)

Теперь мы можем показать несколько операторов `INSERT`:

```
INSERT INTO sal_emp
    VALUES ('Bill',
    '{10000, 10000, 10000, 10000}',
    '{{"meeting", "lunch"}, {"training", "presentation"}}');

INSERT INTO sal_emp
    VALUES ('Carol',
```

```
    '{20000, 25000, 25000, 25000}',
    '{{"breakfast", "consulting"}, {"meeting", "lunch"}}');
```

Результат двух предыдущих команд:

```
SELECT * FROM sal_emp;
name |     pay_by_quarter      |                 schedule
-----+-------------------------+--------------------------------------
Bill |{10000,10000,10000,10000}|{{meeting,lunch},{training,presentation}}
Carol|{20000,25000,25000,25000}|{{breakfast,consulting},{meeting,lunch}}
(2 rows)
```

В многомерных массивов число элементов в каждой размерности должно быть одинаковым; в противном случае возникает ошибка. Например:

```
INSERT INTO sal_emp
    VALUES ('Bill',
    '{10000, 10000, 10000, 10000}',
    '{{"meeting", "lunch"}, {"meeting"}}');
ОШИБКА:  для многомерных массивов должны задаваться выражения с соответствующими
 размерностями
```

Также можно использовать синтаксис конструктора ARRAY:

```
INSERT INTO sal_emp
    VALUES ('Bill',
    ARRAY[10000, 10000, 10000, 10000],
    ARRAY[['meeting', 'lunch'], ['training', 'presentation']]);

INSERT INTO sal_emp
    VALUES ('Carol',
    ARRAY[20000, 25000, 25000, 25000],
    ARRAY[['breakfast', 'consulting'], ['meeting', 'lunch']]);
```

Заметьте, что элементы массива здесь — это простые SQL-константы или выражения; и поэтому, например строки будут заключаться в одинарные апострофы, а не в двойные, как в буквальной константе массива. Более подробно конструктор ARRAY обсуждается в Подразделе 4.2.12.

8.15.3. Обращение к массивам

Добавив данные в таблицу, мы можем перейти к выборкам. Сначала мы покажем, как получить один элемент массива. Этот запрос получает имена сотрудников, зарплата которых изменилась во втором квартале:

```
SELECT name FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] <> pay_by_quarter[2];

 name
-------
 Carol
(1 row)
```

Индексы элементов массива записываются в квадратных скобках. По умолчанию в PostgreSQL действует соглашение о нумерации элементов массива с 1, то есть в массиве из *n* элементов первым считается array[1], а последним — array[*n*].

Этот запрос выдаёт зарплату всех сотрудников в третьем квартале:

```
SELECT pay_by_quarter[3] FROM sal_emp;

 pay_by_quarter
----------------
          10000
          25000
```

```
(2 rows)
```

Мы также можем получать обычные прямоугольные срезы массива, то есть подмассивы. Срез массива обозначается как *нижняя-граница*:*верхняя-граница* для одной или нескольких размерностей. Например, этот запрос получает первые пункты в графике Билла в первые два дня недели:

```
SELECT schedule[1:2][1:1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';

        schedule
------------------------
 {{meeting},{training}}
(1 row)
```

Если одна из размерностей записана в виде среза, то есть содержит двоеточие, тогда срез распространяется на все размерности. Если при этом для размерности указывается только одно число (без двоеточия), в срез войдут элемент от 1 до заданного номера. Например, в этом примере `[2]` будет равнозначно `[1:2]`:

```
SELECT schedule[1:2][2] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';

                 schedule
-------------------------------------------
 {{meeting,lunch},{training,presentation}}
(1 row)
```

Во избежание путаницы с обращением к одному элементу, срезы лучше всегда записывать явно для всех измерений, например `[1:2][1:1]` вместо `[2][1:1]`.

Значения *нижняя-граница* и/или *верхняя-граница* в указании среза можно опустить; опущенная граница заменяется нижним или верхним пределом индексов массива. Например:

```
SELECT schedule[:2][2:] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';

        schedule
------------------------
 {{lunch},{presentation}}
(1 row)

SELECT schedule[:][1:1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';

        schedule
------------------------
 {{meeting},{training}}
(1 row)
```

Выражение обращения к элементу массива возвратит NULL, если сам массив или одно из выражений индексов элемента равны NULL. Значение NULL также возвращается, если индекс выходит за границы массива (это не считается ошибкой). Например, если `schedule` в настоящее время имеет размерности `[1:3][1:2]`, результатом обращения к `schedule[3][3]` будет NULL. Подобным образом, при обращении к элементу массива с неправильным числом индексов возвращается NULL, а не ошибка.

Аналогично, NULL возвращается при обращении к срезу массива, если сам массив или одно из выражений, определяющих индексы элементов, равны NULL. Однако в других случаях, например, когда границы среза выходят за рамки массива, возвращается не NULL, а пустой массив (с размерностью 0). (Так сложилось исторически, что в этом срезы отличаются от обращений к обычным элементам.) Если запрошенный срез пересекает границы массива, тогда возвращается не NULL, а срез, сокращённый до области пересечения.

Текущие размеры значения массива можно получить с помощью функции `array_dims`:

```
SELECT array_dims(schedule) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';
```

```
 array_dims
------------
 [1:2][1:2]
(1 row)
```

array_dims выдаёт результат типа text, что удобно скорее для людей, чем для программ. Размеры массива также можно получить с помощью функций array_upper и array_lower, которые возвращают соответственно верхнюю и нижнюю границу для указанной размерности:

```
SELECT array_upper(schedule, 1) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';

 array_upper
-------------
           2
(1 row)
```

array_length возвращает число элементов в указанной размерности массива:

```
SELECT array_length(schedule, 1) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';

 array_length
--------------
            2
(1 row)
```

cardinality возвращает общее число элементов массива по всем измерениям. Фактически это число строк, которое вернёт функция unnest:

```
SELECT cardinality(schedule) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';

 cardinality
-------------
           4
(1 row)
```

8.15.4. Изменение массивов

Значение массива можно заменить полностью так:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter = '{25000,25000,27000,27000}'
    WHERE name = 'Carol';
```

или используя синтаксис ARRAY:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter = ARRAY[25000,25000,27000,27000]
    WHERE name = 'Carol';
```

Также можно изменить один элемент массива:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[4] = 15000
    WHERE name = 'Bill';
```

или срез:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[1:2] = '{27000,27000}'
    WHERE name = 'Carol';
```

При этом в указании среза может быть опущена *нижняя-граница* и/или *верхняя-граница*, но только для массива, отличного от NULL, и имеющего ненулевую размерность (иначе неизвестно, какие граничные значения должны подставляться вместо опущенных).

Сохранённый массив можно расширить, определив значения ранее отсутствовавших в нём элементов. При этом все элементы, располагающиеся между существовавшими ранее и новыми, принимают значения NULL. Например, если массив myarray содержит 4 элемента, после присваивания значения элементу myarray[6] его длина будет равна 6, а myarray[5] будет содержать NULL. В настоящее время подобное расширение поддерживается только для одномерных, но не многомерных массивов.

Определяя элементы по индексам, можно создавать массивы, в которых нумерация элементов может начинаться не с 1. Например, можно присвоить значение выражению `myarray[-2:7]` и таким образом создать массив, в котором будут элементы с индексами от -2 до 7.

Значения массива также можно сконструировать с помощью оператора конкатенации, `||`:

```
SELECT ARRAY[1,2] || ARRAY[3,4];
 ?column?
-----------
 {1,2,3,4}
(1 row)

SELECT ARRAY[5,6] || ARRAY[[1,2],[3,4]];
      ?column?
---------------------
 {{5,6},{1,2},{3,4}}
(1 row)
```

Оператор конкатенации позволяет вставить один элемент в начало или в конец одномерного массива. Он также может принять два *N*-мерных массива или массивы размерностей *N* и *N+1*.

Когда в начало или конец одномерного массива вставляется один элемент, в образованном в результате массиве будет та же нижняя граница, что и в массиве-операнде. Например:

```
SELECT array_dims(1 || '[0:1]={2,3}'::int[]);
 array_dims
------------
 [0:2]
(1 row)

SELECT array_dims(ARRAY[1,2] || 3);
 array_dims
------------
 [1:3]
(1 row)
```

Когда складываются два массива одинаковых размерностей, в результате сохраняется нижняя граница внешней размерности левого операнда. Выходной массив включает все элементы левого операнда, после которых добавляются все элементы правого. Например:

```
SELECT array_dims(ARRAY[1,2] || ARRAY[3,4,5]);
 array_dims
------------
 [1:5]
(1 row)

SELECT array_dims(ARRAY[[1,2],[3,4]] || ARRAY[[5,6],[7,8],[9,0]]);
 array_dims
------------
 [1:5][1:2]
(1 row)
```

Когда к массиву размерности *N+1* спереди или сзади добавляется *N*-мерный массив, он вставляется аналогично тому, как в массив вставляется элемент (это было описано выше). Любой *N*-мерный массив по сути является элементом во внешней размерности массива, имеющего размерность *N +1*. Например:

```
SELECT array_dims(ARRAY[1,2] || ARRAY[[3,4],[5,6]]);
```

```
 array_dims
------------
 [1:3][1:2]
(1 row)
```

Массив также можно сконструировать с помощью функций `array_prepend`, `array_append` и `array_cat`. Первые две функции поддерживают только одномерные массивы, а `array_cat` поддерживает и многомерные. Несколько примеров:

```
SELECT array_prepend(1, ARRAY[2,3]);
 array_prepend
---------------
 {1,2,3}
(1 row)

SELECT array_append(ARRAY[1,2], 3);
 array_append
--------------
 {1,2,3}
(1 row)

SELECT array_cat(ARRAY[1,2], ARRAY[3,4]);
 array_cat
-----------
 {1,2,3,4}
(1 row)

SELECT array_cat(ARRAY[[1,2],[3,4]], ARRAY[5,6]);
      array_cat
---------------------
 {{1,2},{3,4},{5,6}}
(1 row)

SELECT array_cat(ARRAY[5,6], ARRAY[[1,2],[3,4]]);
      array_cat
---------------------
 {{5,6},{1,2},{3,4}}
```

В простых случаях описанный выше оператор конкатенации предпочтительнее непосредственного вызова этих функций. Однако так как оператор конкатенации перегружен для решения всех трёх задач, возможны ситуации, когда лучше применить одну из этих функций во избежание неоднозначности. Например, рассмотрите:

```
SELECT ARRAY[1, 2] || '{3, 4}';  -- нетипизированная строка воспринимается как массив
 ?column?
-----------
 {1,2,3,4}

SELECT ARRAY[1, 2] || '7';                 -- как и эта
ERROR:  malformed array literal: "7"

SELECT ARRAY[1, 2] || NULL;                -- как и буквальный NULL
 ?column?
----------
 {1,2}
(1 row)

SELECT array_append(ARRAY[1, 2], NULL);    -- это могло иметься в виду на самом деле
 array_append
```

```
--------------
 {1,2,NULL}
```

В показанных примерах анализатор запроса видит целочисленный массив с одной стороны оператора конкатенации и константу неопределённого типа с другой. Согласно своим правилам разрешения типа констант, он полагает, что она имеет тот же тип, что и другой операнд — в данном случае целочисленный массив. Поэтому предполагается, что оператор конкатенации здесь представляет функцию `array_cat`, а не `array_append`. Если это решение оказывается неверным, его можно скорректировать, приведя константу к типу элемента массива; однако может быть лучше явно использовать функцию `array_append`.

8.15.5. Поиск значений в массивах

Чтобы найти значение в массиве, необходимо проверить все его элементы. Это можно сделать вручную, если вы знаете размер массива. Например:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] = 10000 OR
                            pay_by_quarter[2] = 10000 OR
                            pay_by_quarter[3] = 10000 OR
                            pay_by_quarter[4] = 10000;
```

Однако с большим массивами этот метод становится утомительным, и к тому же он не работает, когда размер массива неизвестен. Альтернативный подход описан в Разделе 9.24. Показанный выше запрос можно было переписать так:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE 10000 = ANY (pay_by_quarter);
```

А так можно найти в таблице строки, в которых массивы содержат только значения, равные 10000:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE 10000 = ALL (pay_by_quarter);
```

Кроме того, для обращения к элементам массива можно использовать функцию `generate_subscripts`. Например так:

```
SELECT * FROM
   (SELECT pay_by_quarter,
           generate_subscripts(pay_by_quarter, 1) AS s
      FROM sal_emp) AS foo
 WHERE pay_by_quarter[s] = 10000;
```

Эта функция описана в Таблице 9.62.

Также искать в массиве значения можно, используя оператор `&&`, который проверяет, перекрывается ли левый операнд с правым. Например:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter && ARRAY[10000];
```

Этот и другие операторы для работы с массивами описаны в Разделе 9.19. Он может быть ускорен с помощью подходящего индекса, как описано в Разделе 11.2.

Вы также можете искать определённые значения в массиве, используя функции `array_position` и `array_positions`. Первая функция возвращает позицию первого вхождения значения в массив, а вторая — массив позиций всех его вхождений. Например:

```
SELECT array_position(ARRAY['sun','mon','tue','wed','thu','fri','sat'], 'mon');
 array_position
----------------
              2
(1 row)

SELECT array_positions(ARRAY[1, 4, 3, 1, 3, 4, 2, 1], 1);
 array_positions
-----------------
 {1,4,8}
```

```
(1 row)
```

> **Подсказка**
>
> Массивы — это не множества; необходимость поиска определённых элементов в массиве может быть признаком неудачно сконструированной базы данных. Возможно, вместо массива лучше использовать отдельную таблицу, строки которой будут содержать данные элементов массива. Это может быть лучше и для поиска, и для работы с большим количеством элементов.

8.15.6. Синтаксис вводимых и выводимых значений массива

Внешнее текстовое представление значения массива состоит из записи элементов, интерпретируемых по правилам ввода/вывода для типа элемента массива, и оформления структуры массива. Оформление состоит из фигурных скобок (`{` и `}`), окружающих значение массива, и знаков-разделителей между его элементами. В качестве знака-разделителя обычно используется запятая (`,`), но это может быть и другой символ; он определяется параметром `typdelim` для типа элемента массива. Для стандартных типов данных, существующих в дистрибутиве PostgreSQL, разделителем является запятая (`,`), за исключением лишь типа `box`, в котором разделитель — точка с запятой (`;`). В многомерном массиве у каждой размерности (ряд, плоскость, куб и т. д.) есть свой уровень фигурных скобок, а соседние значения в фигурных скобках на одном уровне должны отделяться разделителями.

Функция вывода массива заключает значение элемента в кавычки, если это пустая строка или оно содержит фигурные скобки, знаки-разделители, кавычки, обратную косую черту, пробельный символ или это текст `NULL`. Кавычки и обратная косая черта, включённые в такие значения, преобразуются в спецпоследовательность с обратной косой чертой. Для числовых типов данных можно рассчитывать на то, что значения никогда не будут выводиться в кавычках, но для текстовых типов следует быть готовым к тому, что выводимое значение массива может содержать кавычки.

По умолчанию нижняя граница всех размерностей массива равна одному. Чтобы представить массивы с другими нижними границами, перед содержимым массива можно указать диапазоны индексов. Такое оформление массива будет содержать квадратные скобки (`[]`) вокруг нижней и верхней границ каждой размерности с двоеточием (`:`) между ними. За таким указанием размерности следует знак равно (`=`). Например:

```
SELECT f1[1][-2][3] AS e1, f1[1][-1][5] AS e2
 FROM (SELECT '[1:1][-2:-1][3:5]={{{1,2,3},{4,5,6}}}'::int[] AS f1) AS ss;

 e1 | e2
----+----
  1 |  6
(1 row)
```

Процедура вывода массива включает в результат явное указание размерностей, только если нижняя граница в одной или нескольких размерностях отличается от 1.

Если в качестве значения элемента задаётся `NULL` (в любом регистре), этот элемент считается равным непосредственно NULL. Если же оно включает кавычки или обратную косую черту, элементу присваивается текстовая строка «NULL». Кроме того, для обратной совместимости с версиями PostgreSQL до 8.2, параметр конфигурации array_nulls можно выключить (присвоив ему `off`), чтобы строки `NULL` не воспринимались как значения NULL.

Как было показано ранее, записывая значение массива, любой его элемент можно заключить в кавычки. Это *нужно* делать, если при разборе значения массива без кавычек возможна неоднозначность. Например, в кавычки необходимо заключать элементы, содержащие фигурные скобки, запятую (или разделитель, определённый для данного типа), кавычки, обратную косую черту, а также пробельные символы в начале или конце строки. Пустые строки и строки, содержащие одно слово NULL, также нужно заключать в кавычки. Чтобы включить кавычки или обратную косую черту в значение, заключённое в кавычки, добавьте обратную косую черту перед таким символом. С другой стороны, чтобы обойтись без кавычек, таким экранированием можно защитить все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса массива.

Перед открывающей и после закрывающей скобки можно добавлять пробельные символы. Пробелы также могут окружать каждую отдельную строку значения. Во всех случаях такие пробельные символы игнорируются. Однако все пробелы в строках, заключённых в кавычки, или окружённые не пробельными символами, напротив, учитываются.

> **Подсказка**
>
> Записывать значения массивов в командах SQL часто бывает удобнее с помощью конструктора ARRAY (см. Подраздел 4.2.12). В ARRAY отдельные значения элементов записываются так же, как если бы они не были членами массива.

8.16. Составные типы

Составной тип представляет структуру табличной строки или записи; по сути это просто список имён полей и соответствующих типов данных. PostgreSQL позволяет использовать составные типы во многом так же, как и простые типы. Например, в определении таблицы можно объявить столбец составного типа.

8.16.1. Объявление составных типов

Ниже приведены два простых примера определения составных типов:

```
CREATE TYPE complex AS (
    r       double precision,
    i       double precision
);

CREATE TYPE inventory_item AS (
    name            text,
    supplier_id     integer,
    price           numeric
);
```

Синтаксис очень похож на CREATE TABLE, за исключением того, что он допускает только названия полей и их типы, какие-либо ограничения (такие как NOT NULL) в настоящее время не поддерживаются. Заметьте, что ключевое слово AS здесь имеет значение; без него система будет считать, что подразумевается другой тип команды CREATE TYPE, и выдаст неожиданную синтаксическую ошибку.

Определив такие типы, мы можем использовать их в таблицах:

```
CREATE TABLE on_hand (
    item      inventory_item,
    count     integer
);

INSERT INTO on_hand VALUES (ROW('fuzzy dice', 42, 1.99), 1000);
```

или функциях:

```
CREATE FUNCTION price_extension(inventory_item, integer) RETURNS numeric
AS 'SELECT $1.price * $2' LANGUAGE SQL;

SELECT price_extension(item, 10) FROM on_hand;
```

Всякий раз, когда создаётся таблица, вместе с ней автоматически создаётся составной тип. Этот тип представляет тип строки таблицы, и его именем становится имя таблицы. Например, при выполнении команды:

```
CREATE TABLE inventory_item (
    name            text,
    supplier_id     integer REFERENCES suppliers,
    price           numeric CHECK (price > 0)
);
```

в качестве побочного эффекта будет создан составной тип `inventory_item`, в точности соответствующий тому, что был показан выше, и использовать его можно так же. Однако заметьте, что в текущей реализации есть один недостаток: так как с составным типом не могут быть связаны ограничения, то описанные в определении таблицы ограничения *не применяются* к значениям составного типа вне таблицы. (Чтобы обойти этот недостаток, создайте домен поверх составного типа и добавьте желаемые ограничения в виде ограничений `CHECK` для данного домена.)

8.16.2. Конструирование составных значений

Чтобы записать значение составного типа в виде текстовой константы, его поля нужно заключить в круглые скобки и разделить их запятыми. Значение любого поля можно заключить в кавычки, а если оно содержит запятые или скобки, это делать обязательно. (Подробнее об этом говорится ниже.) Таким образом, в общем виде константа составного типа записывается так:

```
'( значение1 , значение2 , ... )'
```

Например, эта запись:

```
'("fuzzy dice",42,1.99)'
```

будет допустимой для описанного выше типа `inventory_item`. Чтобы присвоить NULL одному из полей, в соответствующем месте в списке нужно оставить пустое место. Например, эта константа задаёт значение NULL для третьего поля:

```
'("fuzzy dice",42,)'
```

Если же вместо NULL требуется вставить пустую строку, нужно записать пару кавычек:

```
'("",42,)'
```

Здесь в первом поле окажется пустая строка, а в третьем — NULL.

(Такого рода константы массивов на самом деле представляют собой всего лишь частный случай констант, описанных в Подразделе 4.1.2.7. Константа изначально воспринимается как строка и передаётся процедуре преобразования составного типа. При этом может потребоваться явно указать тип, к которому будет приведена константа.)

Значения составных типов также можно конструировать, используя синтаксис выражения `ROW`. В большинстве случаев это значительно проще, чем записывать значения в строке, так как при этом не нужно беспокоиться о вложенности кавычек. Мы уже обсуждали этот метод ранее:

```
ROW('fuzzy dice', 42, 1.99)
ROW('', 42, NULL)
```

Ключевое слово ROW на самом деле может быть необязательным, если в выражении определяются несколько полей, так что эту запись можно упростить до:

```
('fuzzy dice', 42, 1.99)
('', 42, NULL)
```

Синтаксис выражения `ROW` более подробно рассматривается в Подразделе 4.2.13.

8.16.3. Обращение к составным типам

Чтобы обратиться к полю столбца составного типа, после имени столбца нужно добавить точку и имя поля, подобно тому, как указывается столбец после имени таблицы. На самом деле, эти обращения неотличимы, так что часто бывает необходимо использовать скобки, чтобы команда была разобрана правильно. Например, можно попытаться выбрать поле столбца из тестовой таблицы on_hand таким образом:

```
SELECT item.name FROM on_hand WHERE item.price > 9.99;
```

Но это не будет работать, так как согласно правилам SQL имя item здесь воспринимается как имя таблицы, а не столбца в таблице on_hand. Поэтому этот запрос нужно переписать так:

```
SELECT (item).name FROM on_hand WHERE (item).price > 9.99;
```

либо указать также и имя таблицы (например, в запросе с многими таблицами), примерно так:

```
SELECT (on_hand.item).name FROM on_hand WHERE (on_hand.item).price > 9.99;
```

В результате объект в скобках будет правильно интерпретирован как ссылка на столбец item, из которого выбирается поле.

При выборке поля из значения составного типа также возможны подобные синтаксические казусы. Например, чтобы выбрать одно поле из результата функции, возвращающей составное значение, потребуется написать что-то подобное:

```
SELECT (my_func(...)).field FROM ...
```

Без дополнительных скобок в этом запросе произойдёт синтаксическая ошибка.

Специальное имя поля * означает «все поля»; подробнее об этом рассказывается в Подразделе 8.16.5.

8.16.4. Изменение составных типов

Ниже приведены примеры правильных команд добавления и изменения значений составных столбцов. Первые команды иллюстрируют добавление или изменение всего столбца:

```
INSERT INTO mytab (complex_col) VALUES((1.1,2.2));

UPDATE mytab SET complex_col = ROW(1.1,2.2) WHERE ...;
```

В первом примере опущено ключевое слово ROW, а во втором оно есть; присутствовать или отсутствовать оно может в обоих случаях.

Мы можем изменить также отдельное поле составного столбца:

```
UPDATE mytab SET complex_col.r = (complex_col).r + 1 WHERE ...;
```

Заметьте, что при этом не нужно (и на самом деле даже нельзя) заключать в скобки имя столбца, следующее сразу за предложением SET, но в ссылке на тот же столбец в выражении, находящемся по правую сторону знака равенства, скобки обязательны.

И мы также можем указать поля в качестве цели команды INSERT:

```
INSERT INTO mytab (complex_col.r, complex_col.i) VALUES(1.1, 2.2);
```

Если при этом мы не укажем значения для всех полей столбца, оставшиеся поля будут заполнены значениями NULL.

8.16.5. Использование составных типов в запросах

С составными типами в запросах связаны особые правила синтаксиса и поведение. Эти правила образуют полезные конструкции, но они могут быть неочевидными, если не понимать стоящую за ними логику.

В PostgreSQL ссылка на имя таблицы (или её псевдоним) в запросе по сути является ссылкой на составное значение текущей строки в этой таблице. Например, имея таблицу inventory_item, показанную выше, мы можем написать:

```
SELECT c FROM inventory_item c;
```

Этот запрос выдаёт один столбец с составным значением, и его результат может быть таким:

```
           c
------------------------
 ("fuzzy dice",42,1.99)
(1 row)
```

Заметьте, однако, что простые имена сопоставляются сначала с именами столбцов, и только потом с именами таблиц, так что такой результат получается только потому, что в таблицах запроса не оказалось столбца с именем `c`.

Обычную запись полного имени столбца вида *имя_таблицы*.*имя_столбца* можно понимать как применение выбора поля к составному значению текущей строки таблицы. (Из соображений эффективности на самом деле это реализовано по-другому.)

Когда мы пишем

```
SELECT c.* FROM inventory_item c;
```

то, согласно стандарту SQL, мы должны получить содержимое таблицы, развёрнутое в отдельные столбцы:

```
    name    | supplier_id | price
------------+-------------+-------
 fuzzy dice |          42 |  1.99
(1 row)
```

как с запросом

```
SELECT c.name, c.supplier_id, c.price FROM inventory_item c;
```

PostgreSQL применяет такое развёртывание для любых выражений с составными значениями, хотя как показано выше, необходимо заключить в скобки значение, к которому применяется `.*`, если только это не простое имя таблицы. Например, если `myfunc()` — функция, возвращающая составной тип со столбцами `a`, `b` и `c`, то эти два запроса выдадут одинаковый результат:

```
SELECT (myfunc(x)).* FROM some_table;
SELECT (myfunc(x)).a, (myfunc(x)).b, (myfunc(x)).c FROM some_table;
```

Подсказка

PostgreSQL осуществляет развёртывание столбцов фактически переводя первую форму во вторую. Таким образом, в данном примере `myfunc()` будет вызываться три раза для каждой строки и с одним, и с другим синтаксисом. Если это дорогостоящая функция, и вы хотите избежать лишних вызовов, можно использовать такой запрос:

```
SELECT m.* FROM some_table, LATERAL myfunc(x) AS m;
```

Размещение вызова функции в элементе `FROM LATERAL` гарантирует, что она будет вызываться для строки не более одного раза. Конструкция `m.*` так же разворачивается в `m.a, m.b, m.c`, но теперь эти переменные просто ссылаются на выходные значения `FROM`. (Ключевое слово `LATERAL` здесь является необязательным, но мы добавили его, чтобы подчеркнуть, что функция получает `x` из `some_table`.)

Запись *составное_значение*`.*` приводит к такому развёртыванию столбцов, когда она фигурирует на верхнем уровне выходного списка `SELECT`, в списке `RETURNING` команд `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`, в предложении `VALUES` или в конструкторе строки. Во всех других контекстах (включая вложенные в одну из этих конструкций), добавление `.*` к составному значению не меняет это значение, так как это воспринимается как «все столбцы» и поэтому выдаётся то же составное значение. Например, если функция `somefunc()` принимает в качестве аргумента составное значение, эти запросы равносильны:

```
SELECT somefunc(c.*) FROM inventory_item c;
SELECT somefunc(c) FROM inventory_item c;
```

В обоих случаях текущая строка таблицы `inventory_item` передаётся функции как один аргумент с составным значением. И хотя дополнение `.*` в этих случаях не играет роли, использовать его считается хорошим стилем, так как это ясно указывает на использование составного значения. В частности анализатор запроса воспримет `c` в записи `c.*` как ссылку на имя или псевдоним таблицы, а не имя столбца, что избавляет от неоднозначности; тогда как без `.*` неясно, означает ли `c` имя таблицы или имя столбца, и на самом деле при наличии столбца с именем `c` будет выбрано второе прочтение.

Эту концепцию демонстрирует и следующий пример, все запросы в котором действуют одинаково:

```
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY c;
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY c.*;
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY ROW(c.*);
```

Все эти предложения `ORDER BY` обращаются к составному значению строки, вследствие чего строки сортируются по правилам, описанным в Подразделе 9.24.6. Однако если в `inventory_item` содержится столбец с именем `c`, первый запрос будет отличаться от других, так как в нём выполнится сортировка только по данному столбцу. С показанными выше именами столбцов предыдущим запросам также равнозначны следующие:

```
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY ROW(c.name, c.supplier_id, c.price);
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY (c.name, c.supplier_id, c.price);
```

(В последнем случае используется конструктор строки, в котором опущено ключевое слово `ROW`.)

Другая особенность синтаксиса, связанная с составными значениями, состоит в том, что мы можем использовать *функциональную запись* для извлечения поля составного значения. Это легко можно объяснить тем, что записи *поле*(*таблица*) и *таблица*.*поле* взаимозаменяемы. Например, следующие запросы равнозначны:

```
SELECT c.name FROM inventory_item c WHERE c.price > 1000;
SELECT name(c) FROM inventory_item c WHERE price(c) > 1000;
```

Более того, если у нас есть функция, принимающая один аргумент составного типа, мы можем вызвать её в любой записи. Все эти запросы равносильны:

```
SELECT somefunc(c) FROM inventory_item c;
SELECT somefunc(c.*) FROM inventory_item c;
SELECT c.somefunc FROM inventory_item c;
```

Эта равнозначность записи с полем и функциональной записи позволяет использовать с составными типами функции, реализующие «вычисляемые поля». При этом приложению, использующему последний из предыдущих запросов, не нужно знать, что фактически `somefunc` — не настоящий столбец таблицы.

Подсказка

Учитывая такое поведение, будет неразумно давать функции, принимающей один аргумент составного типа, то же имя, что и одному из полей данного составного типа. В случае неоднозначности прочтение имени поля будет выбрано при использовании синтаксиса обращения к полю, а прочтение имени функции — если используется синтаксис вызова функции. Однако в PostgreSQL до 11 версии всегда выбиралось прочтение имени поля, если только синтаксис вызова не подталкивал к прочтению имени функции. Чтобы принудительно выбрать прочтение имени функции, в предыдущих версиях надо было дополнить это имя схемой, то есть написать *схема*.*функция*(*составное_значение*).

8.16.6. Синтаксис вводимых и выводимых значений составного типа

Внешнее текстовое представление составного значения состоит из записи элементов, интерпретируемых по правилам ввода/вывода для соответствующих типов полей, и оформления структуры составного типа. Оформление состоит из круглых скобок (`(` и `)`) окружающих всё значение, и запятых (`,`) между его элементами. Пробельные символы вне скобок игнорируются, но внутри они считаются частью соответствующего элемента и могут учитываться или не учитываться в зависимости от правил преобразования вводимых данных для типа этого элемента. Например, в записи:

```
'(  42)'
```

пробелы будут игнорироваться, если соответствующее поле имеет целочисленный тип, но не текстовый.

Как было показано ранее, записывая составное значение, любой его элемент можно заключить в кавычки. Это *нужно* делать, если при разборе этого значения без кавычек возможна неоднозначность. Например, в кавычки нужно заключать элементы, содержащие скобки, кавычки, запятую или обратную косую черту. Чтобы включить в поле составного значения, заключённое в кавычки, такие символы, как кавычки или обратная косая черта, перед ними нужно добавить обратную косую черту. (Кроме того, продублированные кавычки в значении поля, заключённого в кавычки, воспринимаются как одинарные, подобно апострофам в строках SQL.) С другой стороны, можно обойтись без кавычек, защитив все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса составного значения, с помощью спецпоследовательностей.

Значение NULL в этой записи представляется пустым местом (когда между запятыми или скобками нет никаких символов). Чтобы ввести именно пустую строку, а не NULL, нужно написать `""`.

Функция вывода составного значения заключает значения полей в кавычки, если они представляют собой пустые строки, либо содержат скобки, запятые, кавычки или обратную косую черту, либо состоят из одних пробелов. (В последнем случае можно обойтись без кавычек, но они добавляются для удобочитаемости.) Кавычки и обратная косая черта, заключённые в значения полей, при выводе дублируются.

Примечание

Помните, что написанная SQL-команда прежде всего интерпретируется как текстовая строка, а затем как составное значение. Вследствие этого число символов обратной косой черты удваивается (если используются спецпоследовательности). Например, чтобы ввести в поле составного столбца значение типа `text` с обратной косой чертой и кавычками, команду нужно будет записать так:

```
INSERT ... VALUES ('("\"\\")');
```

Сначала обработчик спецпоследовательностей удаляет один уровень обратной косой черты, так что анализатор составного значения получает на вход `("\"\\")`. В свою очередь, он передаёт эту строку процедуре ввода значения типа `text`, где она преобразуются в `"\`. (Если бы мы работали с типом данных, процедура ввода которого также интерпретирует обратную косую черту особым образом, например `bytea`, нам могло бы понадобиться уже восемь таких символов, чтобы сохранить этот символ в поле составного значения.) Во избежание такого дублирования спецсимволов строки можно заключать в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4).

Подсказка

Записывать составные значения в командах SQL часто бывает удобнее с помощью конструктора `ROW`. В `ROW` отдельные значения элементов записываются так же, как если бы они не были членами составного выражения.

8.17. Диапазонные типы

Диапазонные типы представляют диапазоны значений некоторого типа данных (он также называется *подтипом* диапазона). Например, диапазон типа `timestamp` может представлять временной интервал, когда зарезервирован зал заседаний. В данном случае типом данных будет `tsrange` (сокращение от «timestamp range»), а подтипом — `timestamp`. Подтип должен быть полностью упорядочиваемым, чтобы можно было однозначно определить, где находится значение по отношению к диапазону: внутри, до или после него.

Диапазонные типы полезны тем, что позволяют представить множество возможных значений в одной структуре данных и чётко выразить такие понятия, как пересечение диапазонов. Наиболее очевидный вариант их использования — применять диапазоны даты и времени для составления расписания, но также полезными могут оказаться диапазоны цен, интервалы измерений и т. д.

8.17.1. Встроенные диапазонные типы

PostgreSQL имеет следующие встроенные диапазонные типы:

- `int4range` — диапазон подтипа `integer`
- `int8range` — диапазон подтипа `bigint`
- `numrange` — диапазон подтипа `numeric`
- `tsrange` — диапазон подтипа `timestamp without time zone`
- `tstzrange` — диапазон подтипа `timestamp with time zone`
- `daterange` — диапазон подтипа `date`

Помимо этого, вы можете определять собственные типы; подробнее это описано в CREATE TYPE.

8.17.2. Примеры

```
CREATE TABLE reservation (room int, during tsrange);
INSERT INTO reservation VALUES
    (1108, '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');

-- Вхождение
SELECT int4range(10, 20) @> 3;

-- Перекрытие
SELECT numrange(11.1, 22.2) && numrange(20.0, 30.0);

-- Получение верхней границы
SELECT upper(int8range(15, 25));

-- Вычисление пересечения
SELECT int4range(10, 20) * int4range(15, 25);

-- Является ли диапазон пустым?
SELECT isempty(numrange(1, 5));
```

Полный список операторов и функций, предназначенных для диапазонных типов, приведён в Таблице 9.53 и Таблице 9.54.

8.17.3. Включение и исключение границ

Любой непустой диапазон имеет две границы, верхнюю и нижнюю, и включает все точки между этими значениями. В него также может входить точка, лежащая на границе, если диапазон включает эту границу. И наоборот, если диапазон не включает границу, считается, что точка, лежащая на этой границе, в него не входит.

В текстовой записи диапазона включение нижней границы обозначается символом «`[`», а исключением — символом «`(`». Для верхней границы включение обозначается аналогично, символом «`]`», а исключение — символом «`)`». (Подробнее это описано в Подразделе 8.17.5.)

Для проверки, включается ли нижняя или верхняя граница в диапазон, предназначены функции `lower_inc` и `upper_inc`, соответственно.

8.17.4. Неограниченные (бесконечные) диапазоны

Нижнюю границу диапазона можно опустить и определить тем самым диапазон, включающий все значения, лежащие ниже верхней границы, например: `(,3]`. Подобным образом, если не определить верхнюю границу, в диапазон войдут все значения, лежащие выше нижней границы. Если же опущена и нижняя, и верхняя границы, такой диапазон будет включать все возможные значения своего подтипа. Указание отсутствующей границы как включаемой в диапазон автоматически преобразуется в исключающее; например, `[,]` преобразуется в `(,)`. Можно воспринимать отсутствующие значения как плюс/минус бесконечность, но всё же это особые значения диапазонного типа, которые охватывают и возможные для подтипа значения плюс/минус бесконечность.

Для подтипов, в которых есть понятие «бесконечность», `infinity` может использоваться в качестве явного значения границы. При этом, например, в диапазон `[today,infinity)` с подтипом `timestamp` не будет входить специальное значение `infinity` данного подтипа, однако это значение будет входить в диапазон `[today,infinity]`, как и в диапазоны `[today,)` и `[today,]`.

Проверить, определена ли верхняя или нижняя граница, можно с помощью функций `lower_inf` и `upper_inf`, соответственно.

8.17.5. Ввод/вывод диапазонов

Вводимое значение диапазона должно записываться в одной из следующих форм:

```
(нижняя-граница,верхняя-граница)
(нижняя-граница,верхняя-граница]
[нижняя-граница,верхняя-граница)
[нижняя-граница,верхняя-граница]
empty
```

Тип скобок (квадратные или круглые) определяет, включаются ли в диапазон соответствующие границы, как описано выше. Заметьте, что последняя форма содержит только слово `empty` и определяет пустой диапазон (диапазон, не содержащий точек).

Здесь *`нижняя-граница`* может быть строкой с допустимым значением подтипа или быть пустой (тогда диапазон будет без нижней границы). Аналогично, *`верхняя-граница`* может задаваться одним из значений подтипа или быть неопределённой (пустой).

Любое значение границы диапазона можно заключить в кавычки ("). А если значение содержит круглые или квадратные скобки, запятые, кавычки или обратную косую черту, использовать кавычки необходимо, чтобы эти символы не рассматривались как часть синтаксиса диапазона. Чтобы включить в значение границы диапазона, заключённое в кавычки, такие символы, как кавычки или обратная косая черта, перед ними нужно добавить обратную косую черту. (Кроме того, продублированные кавычки в значении диапазона, заключённого в кавычки, воспринимаются как одинарные, подобно апострофам в строках SQL.) С другой стороны, можно обойтись без кавычек, защитив все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса диапазона, с помощью спецпоследовательностей. Чтобы задать в качестве границы пустую строку, нужно ввести `""`, так как пустая строка без кавычек будет означать отсутствие границы.

Пробельные символы до и после определения диапазона игнорируются, но когда они присутствуют внутри скобок, они воспринимаются как часть значения верхней или нижней границы. (Хотя они могут также игнорироваться в зависимости от подтипа диапазона.)

Примечание

Эти правила очень похожи на правила записи значений для полей составных типов. Дополнительные замечания приведены в Подразделе 8.16.6.

Примеры:

```
-- в диапазон включается 3, не включается 7 и включаются все точки между ними
SELECT '[3,7)'::int4range;

-- в диапазон не включаются 3 и 7, но включаются все точки между ними
SELECT '(3,7)'::int4range;

-- в диапазон включается только одно значение 4
SELECT '[4,4]'::int4range;

-- диапазон не включает никаких точек (нормализация заменит его определение на 'empty')
SELECT '[4,4)'::int4range;
```

8.17.6. Конструирование диапазонов

Для каждого диапазонного типа определена функция конструктора, имеющая то же имя, что и данный тип. Использовать этот конструктор обычно удобнее, чем записывать текстовую константу диапазона, так как это избавляет от потребности в дополнительных кавычках. Функция конструктора может принимать два или три параметра. Вариант с двумя параметрами создаёт диапазон в стандартной форме (нижняя граница включается, верхняя исключается), тогда как для варианта с тремя параметрами включение границ определяется третьим параметром. Третий параметр должен содержать одну из строк: «`()`», «`(]`», «`[)`» или «`[]`». Например:

```
-- Полная форма: нижняя граница, верхняя граница и текстовая строка, определяющая
-- включение/исключение границ.
SELECT numrange(1.0, 14.0, '(]');

-- Если третий аргумент опущен, подразумевается '[)'.
SELECT numrange(1.0, 14.0);

-- Хотя здесь указывается '(]', при выводе значение будет приведено к
-- каноническому виду, так как int8range — тип дискретного диапазона (см. ниже).
SELECT int8range(1, 14, '(]');

-- Когда вместо любой границы указывается NULL, соответствующей границы у диапазона не
 будет.
SELECT numrange(NULL, 2.2);
```

8.17.7. Типы дискретных диапазонов

Дискретным диапазоном считается диапазон, для подтипа которого однозначно определён «шаг», как например для типов `integer` и `date`. Значения этих двух типов можно назвать соседними, когда между ними нет никаких других значений. В непрерывных диапазонах, напротив, всегда (или почти всегда) можно найти ещё одно значение между двумя данными. Например, непрерывным диапазоном будет диапазон с подтипами `numeric` и `timestamp`. (Хотя `timestamp` имеет ограниченную точность, то есть теоретически он является дискретным, но всё же лучше считать его непрерывным, так как шаг его обычно не определён.)

Можно также считать дискретным подтип диапазона, в котором чётко определены понятия «следующего» и «предыдущего» элемента для каждого значения. Такие определения позволяют преобразовывать границы диапазона из включаемых в исключаемые, выбирая следующий или предыдущий элемент вместо заданного значения. Например, диапазоны целочисленного типа `[4,8]` и `(3,9)` описывают одно и то же множество значений; но для диапазона подтипа numeric это не так.

Для типа дискретного диапазона определяется функция *канонизации*, учитывающая размер шага для данного подтипа. Задача этой функции — преобразовать равнозначные диапазоны к единственному представлению, в частности нормализовать включаемые и исключаемые границы. Если функция канонизации не определена, диапазоны с различным определением будут всегда считаться разными, даже когда они на самом деле представляют одно множество значений.

Для встроенных типов `int4range`, `int8range` и `daterange` каноническое представление включает нижнюю границу и не включает верхнюю; то есть диапазон приводится к виду `[)`. Однако для нестандартных типов можно использовать и другие соглашения.

8.17.8. Определение новых диапазонных типов

Пользователи могут определять собственные диапазонные типы. Это может быть полезно, когда нужно использовать диапазоны с подтипами, для которых нет встроенных диапазонных типов. Например, можно определить новый тип диапазона для подтипа `float8`:

```
CREATE TYPE floatrange AS RANGE (
    subtype = float8,
    subtype_diff = float8mi
);

SELECT '[1.234, 5.678]'::floatrange;
```

Так как для `float8` осмысленное значение «шага» не определено, функция канонизации в данном примере не задаётся.

Определяя собственный диапазонный тип, вы также можете выбрать другие правила сортировки или класс оператора B-дерева для его подтипа, что позволит изменить порядок значений, от которого зависит, какие значения попадают в заданный диапазон.

Если подтип можно рассматривать как дискретный, а не непрерывный, в команде `CREATE TYPE` следует также задать функцию `канонизации`. Этой функции будет передаваться значение диапазона, а она должна вернуть равнозначное значение, но, возможно, с другими границами и форматированием. Для двух диапазонов, представляющих одно множество значений, например, целочисленные диапазоны `[1, 7]` и `[1, 8)`, функция канонизации должна выдавать один результат. Какое именно представление будет считаться каноническим, не имеет значения — главное, чтобы два равнозначных диапазона, отформатированных по-разному, всегда преобразовывались в одно значение с одинаковым форматированием. Помимо исправления формата включаемых/исключаемых границ, функция канонизации может округлять значения границ, если размер шага превышает точность хранения подтипа. Например, в типе диапазона для подтипа `timestamp` можно определить размер шага, равный часу, тогда функция канонизации должна будет округлить границы, заданные, например с точностью до минут, либо вместо этого выдать ошибку.

Помимо этого, для любого диапазонного типа, ориентированного на использование с индексами GiST или SP-GiST, должна быть определена разница значений подтипов, функция `subtype_diff`. (Индекс сможет работать и без `subtype_diff`, но в большинстве случаев это будет не так эффективно.) Эта функция принимает на вход два значения подтипа и возвращает их разницу (т. е. *X* минус *Y*) в значении типа `float8`. В показанном выше примере может использоваться функция `float8mi`, определяющая нижележащую реализацию обычного оператора «минус» для типа `float8`, но для другого подтипа могут потребоваться дополнительные преобразования. Иногда для представления разницы в числовом виде требуется ещё и творческий подход. Функция `subtype_diff`, насколько это возможно, должна быть согласована с порядком сортировки, вытекающим из выбранных правил сортировки и класса оператора; то есть, её результат должен быть положительным, если согласно порядку сортировки первый её аргумент больше второго.

Ещё один, не столь тривиальный пример функции `subtype_diff`:

```
CREATE FUNCTION time_subtype_diff(x time, y time) RETURNS float8 AS
'SELECT EXTRACT(EPOCH FROM (x - y))' LANGUAGE sql STRICT IMMUTABLE;

CREATE TYPE timerange AS RANGE (
    subtype = time,
    subtype_diff = time_subtype_diff
);

SELECT '[11:10, 23:00]'::timerange;
```

Дополнительные сведения о создании диапазонных типов можно найти в описании CREATE TYPE.

8.17.9. Индексация

Для столбцов, имеющих диапазонный тип, можно создать индексы GiST и SP-GiST. Например, так создаётся индекс GiST:

```
CREATE INDEX reservation_idx ON reservation USING GIST (during);
```

Индекс GiST или SP-GiST помогает ускорить запросы со следующими операторами: `=`, `&&`, `<@`, `@>`, `<<`, `>>`, `-|-`, `&<` и `&>` (дополнительно о них можно узнать в Таблице 9.53.

Кроме того, для таких столбцов можно создать индексы на основе хеша и B-деревьев. Для индексов таких типов полезен по сути только один оператор диапазона — равно. Порядок сортировки B-дерева определяется для значений диапазона соответствующими операторами < и >, но этот порядок может быть произвольным и он не очень важен в реальном мире. Поддержка B-деревьев и хешей диапазонными типами нужна в основном для сортировки и хеширования при выполнении запросов, но не для создания самих индексов.

8.17.10. Ограничения для диапазонов

Тогда как для скалярных значений естественным ограничением является `UNIQUE`, оно обычно не подходит для диапазонных типов. Вместо этого чаще оказываются полезнее ограничения-исключения (см. CREATE TABLE ... CONSTRAINT ... EXCLUDE). Такие ограничения позволяют, например определить условие «непересечения» диапазонов. Например:

```
CREATE TABLE reservation (
    during tsrange,
    EXCLUDE USING GIST (during WITH &&)
);
```

Это ограничение не позволит одновременно сохранить в таблице несколько диапазонов, которые накладываются друг на друга:

```
INSERT INTO reservation VALUES
    ('[2010-01-01 11:30, 2010-01-01 15:00)');
INSERT 0 1

INSERT INTO reservation VALUES
    ('[2010-01-01 14:45, 2010-01-01 15:45)');
ОШИБКА:  конфликтующее значение ключа нарушает ограничение-исключение
 "reservation_during_excl"
ПОДРОБНОСТИ:  Ключ (during)=(["2010-01-01 14:45:00","2010-01-01 15:45:00"))
конфликтует с существующим ключом (during)=(["2010-01-01 11:30:00","2010-01-01
 15:00:00")).
```

Для максимальной гибкости в ограничении-исключении можно сочетать простые скалярные типы данных с диапазонами, используя расширение `btree_gist`. Например, если `btree_gist` установлено, следующее ограничение не будет допускать пересекающиеся диапазоны, только если совпадают также и номера комнат:

```
CREATE EXTENSION btree_gist;
CREATE TABLE room_reservation (
    room text,
    during tsrange,
    EXCLUDE USING GIST (room WITH =, during WITH &&)
);

INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123A', '[2010-01-01 14:00, 2010-01-01 15:00)');
INSERT 0 1
```

```
INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123A', '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');
ОШИБКА:  конфликтующее значение ключа нарушает ограничение-исключение
 "room_reservation_room_during_excl"
ПОДРОБНОСТИ:  Ключ (room, during)=(123A, [ 2010-01-01 14:30:00, 2010-01-01 15:30:00 ))
 конфликтует
с существующим ключом (room, during)=(123A, ["2010-01-01 14:00:00","2010-01-01
 15:00:00")).

INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123B', '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');
INSERT 0 1
```

8.18. Типы доменов

Домен — пользовательский тип данных, основанный на другом *нижележащем типе*. Он может быть определён с условиями, ограничивающими множество допустимых значений подмножеством значений нижележащего типа. В остальном он ведёт себя как нижележащий тип — например, с доменными типом будут работать любые операторы или функции, применимые к нижележащему типу. Нижележащим типом может быть любой встроенный или пользовательский базовый тип, тип-перечисление, массив, составной тип, диапазон или другой домен.

Например, мы можем создать домен поверх целых чисел, принимающий только положительные числа:

```
CREATE DOMAIN posint AS integer CHECK (VALUE > 0);
CREATE TABLE mytable (id posint);
INSERT INTO mytable VALUES(1);    -- работает
INSERT INTO mytable VALUES(-1);   -- ошибка
```

Когда к значению доменного типа применяются операторы или функции, предназначенные для нижележащего типа, домен автоматически приводится к нижележащему типу. Так, например, результат операции `mytable.id - 1` будет считаться имеющим тип `integer`, а не `posint`. Мы могли бы записать `(mytable.id - 1)::posint`, чтобы снова привести результат к типу `posint`, что повлечёт перепроверку ограничений домена. В этом случае, если данное выражение будет применено к `id`, равному 1, произойдёт ошибка. Значение нижележащего типа можно присвоить полю или переменной доменного типа, не записывая приведение явно, но и в этом случае ограничения домена будут проверяться.

За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE DOMAIN.

8.19. Идентификаторы объектов

Идентификатор объекта (Object Identifier, OID) используется внутри PostgreSQL в качестве первичного ключа различных системных таблиц. Идентификатор объекта представляется в типе `oid`. Также существуют различные типы-псевдонимы для `oid` с именами `reg`*`сущность`*. Обзор этих типов приведён в Таблице 8.26.

В настоящее время тип `oid` реализован как четырёхбайтное целое число без знака. Таким образом, значение этого типа может быть недостаточно большим для обеспечения уникальности в базе данных или даже в отдельных больших таблицах.

Для самого типа `oid` помимо сравнения определены всего несколько операторов. Однако его можно привести к целому и затем задействовать в обычных целочисленных вычислениях. (При этом следует опасаться путаницы со знаковыми/беззнаковыми значениями.)

Типы-псевдонимы OID сами по себе не вводят новых операций и отличаются только специализированными функциями ввода/вывода. Эти функции могут принимать и выводить не просто числовые значения, как тип `oid`, а символические имена системных объектов. Эти типы позволяют упростить поиск объектов по значениям OID. Например, чтобы выбрать из pg_attribute строки, относящиеся к таблице mytable, можно написать:

```
SELECT * FROM pg_attribute WHERE attrelid = 'mytable'::regclass;
```

вместо:

```
SELECT * FROM pg_attribute
  WHERE attrelid = (SELECT oid FROM pg_class WHERE relname = 'mytable');
```

Хотя второй вариант выглядит не таким уж плохим, но это лишь очень простой запрос. Если же потребуется выбрать правильный OID, когда таблица mytable есть в нескольких схемах, вложенный подзапрос будет гораздо сложнее. Преобразователь вводимого значения типа regclass находит таблицу согласно заданному пути поиска схем, так что он делает «всё правильно» автоматически. Аналогично, приведя идентификатор таблицы к типу regclass, можно получить символическое представление числового кода.

Таблица 8.26. Идентификаторы объектов

Имя	Ссылки	Описание	Пример значения
oid	any	числовой идентификатор объекта	564182
regclass	pg_class	имя отношения	pg_type
regcollation	pg_collation	имя правила сортировки	"POSIX"
regconfig	pg_ts_config	конфигурация текстового поиска	english
regdictionary	pg_ts_dict	словарь текстового поиска	simple
regnamespace	pg_namespace	пространство имён	pg_catalog
regoper	pg_operator	имя оператора	+
regoperator	pg_operator	оператор с типами аргументов	*(integer,integer) или -(NONE, integer)
regproc	pg_proc	имя функции	sum
regprocedure	pg_proc	функция с типами аргументов	sum(int4)
regrole	pg_authid	имя роли	smithee
regtype	pg_type	имя типа данных	integer

Все типы псевдонимов OID для объектов, сгруппированных в пространство имён, принимают имена, дополненные именем схемы, и выводят имена со схемой, если данный объект нельзя будет найти в текущем пути поиска без имени схемы. Типы regproc и regoper принимают только уникальные вводимые имена (не перегруженные), что ограничивает их применимость; в большинстве случаев лучше использовать regprocedure или regoperator. Для типа regoperator в записи унарного оператора неиспользуемый операнд заменяется словом NONE.

Дополнительным свойством большинства типов псевдонимов OID является образование зависимостей. Когда в сохранённом выражении фигурирует константа одного из этих типов (например, в представлении или в значении столбца по умолчанию), это создаёт зависимость от целевого объекта. Например, если значение по умолчанию определяется выражением nextval('my_seq'::regclass), PostgreSQL понимает, что это выражение зависит от последовательности my_seq, и не позволит удалить последовательность раньше, чем будет удалено это выражение. Единственным исключением является тип regrole. Константы этого типа в таких выражениях не допускаются.

> **Примечание**
>
> Типы псевдонимов OID не полностью следуют правилам изоляции транзакций. Планировщик тоже воспринимает их как простые константы, что может привести к неоптимальному планированию запросов.

Есть ещё один тип системных идентификаторов, `xid`, представляющий идентификатор транзакции (сокращённо xact). Этот тип имеют системные столбцы `xmin` и `xmax`. Идентификаторы транзакций определяются 32-битными числами. В некоторых контекстах используется 64-битный вариант `xid8`. В отличие от `xid`, значения `xid8` увеличиваются строго монотонно и никогда не повторяются на протяжении всего существования кластера баз данных.

Третий тип идентификаторов, используемых в системе, — `cid`, идентификатор команды (command identifier). Этот тип данных имеют системные столбцы `cmin` и `cmax`. Идентификаторы команд — это тоже 32-битные числа.

И наконец, последний тип системных идентификаторов — `tid`, идентификатор строки/кортежа (tuple identifier). Этот тип данных имеет системный столбец `ctid`. Идентификатор кортежа представляет собой пару (из номера блока и индекса кортежа в блоке), идентифицирующую физическое расположение строки в таблице.

(Подробнее о системных столбцах рассказывается в Разделе 5.5.)

8.20. Тип pg_lsn

Тип данных `pg_lsn` может применяться для хранения значения LSN (последовательный номер в журнале, Log Sequence Number), которое представляет собой указатель на позицию в журнале WAL. Этот тип содержит `XLogRecPtr` и является внутренним системным типом PostgreSQL.

Технически LSN — это 64-битное целое, представляющее байтовое смещение в потоке журнала предзаписи. Он выводится в виде двух шестнадцатеричных чисел до 8 цифр каждое, через косую черту, например: `16/B374D848`. Тип `pg_lsn` поддерживает стандартные операторы сравнения, такие как `=` и `>`. Можно также вычесть один LSN из другого с помощью оператора `-`; результатом будет число байт между этими двумя позициями в журнале предзаписи.

8.21. Псевдотипы

В систему типов PostgreSQL включены несколько специальных элементов, которые в совокупности называются *псевдотипами*. Псевдотип нельзя использовать в качестве типа данных столбца, но можно объявить функцию с аргументом или результатом такого типа. Каждый из существующих псевдотипов полезен в ситуациях, когда характер функции не позволяет просто получить или вернуть определённый тип данных SQL. Все существующие псевдотипы перечислены в Таблице 8.27.

Таблица 8.27. Псевдотипы

Имя	Описание
`any`	Указывает, что функция принимает любой вводимый тип данных.
`anyelement`	Указывает, что функция принимает любой тип данных (см. Подраздел 37.2.5).
`anyarray`	Указывает, что функция принимает любой тип массива (см. Подраздел 37.2.5).
`anynonarray`	Указывает, что функция принимает любой тип данных, кроме массивов (см. Подраздел 37.2.5).
`anyenum`	Указывает, что функция принимает любое перечисление (см. Подраздел 37.2.5 и Раздел 8.7).

Имя	**Описание**
anyrange	Указывает, что функция принимает любой диапазонный тип данных (см. Подраздел 37.2.5 и Раздел 8.17).
anycompatible	Указывает, что функция принимает любой тип данных и может автоматически приводить различные аргументы к общему типу данных (см. Подраздел 37.2.5).
anycompatiblearray	Указывает, что функция принимает любой тип массива и может автоматически приводить различные аргументы к общему типу данных (см. Подраздел 37.2.5).
anycompatiblenonarray	Указывает, что функция принимает любой тип, отличный от массива, и может автоматически приводить различные аргументы к общему типу данных (см. Подраздел 37.2.5).
anycompatiblerange	Указывает, что функция принимает любой тип диапазонный данных и может автоматически приводить различные аргументы к общему типу данных (см. Подраздел 37.2.5 и Раздел 8.17).
cstring	Указывает, что функция принимает или возвращает строку в стиле C.
internal	Указывает, что функция принимает или возвращает внутренний серверный тип данных.
language_handler	Обработчик процедурного языка объявляется как возвращающий тип language_handler .
fdw_handler	Обработчик обёртки сторонних данных объявляется как возвращающий тип fdw_handler .
table_am_handler	Обработчик табличного метода доступа объявляется как возвращающий тип table_am_handler .
index_am_handler	Обработчик метода доступа индекса объявляется как возвращающий тип index_am_handler .
tsm_handler	Обработчик метода выборки из таблицы объявляется как возвращающий тип tsm_handler .
record	Указывает, что функция принимает или возвращает неопределённый тип строки.
trigger	Триггерная функция объявляется как возвращающая тип trigger.
event_trigger	Функция событийного триггера объявляется как возвращающая тип event_trigger .
pg_ddl_command	Обозначает представление команд DDL, доступное событийным триггерам.
void	Указывает, что функция не возвращает значение.
unknown	Обозначает ещё не распознанный тип, например простую строковую константу.

Функции, написанные на языке C (встроенные или динамически загружаемые), могут быть объявлены с параметрами или результатами любого из этих псевдотипов. Ответственность за безопасное поведение функции с аргументами таких типов ложится на разработчика функции.

Функции, написанные на процедурных языках, могут использовать псевдотипы, только если это позволяет соответствующий язык. В настоящее время большинство процедурных языков запрещают использовать псевдотипы в качестве типа аргумента и позволяют использовать для результатов только типы void и record (и trigger или event_trigger, когда функция реализует триггер или событийный триггер). Некоторые языки также поддерживают полиморфные функции с полиморфными псевдотипами, подробно рассмотренными в Подразделе 37.2.5.

Псевдотип `internal` используется в объявлениях функций, предназначенных только для внутреннего использования в СУБД, но не для прямого вызова в запросах SQL. Если у функции есть как хотя бы один аргумент типа `internal`, её нельзя будет вызывать из SQL. Чтобы сохранить типобезопасность при таком ограничении, следуйте важному правилу: не создавайте функцию, возвращающую результат типа `internal`, если у неё нет ни одного аргумента `internal`.

Глава 9. Функции и операторы

PostgreSQL предоставляет огромное количество функций и операторов для встроенных типов данных. В этой главе описаны основные из них, тогда как некоторые специальные функции описываются в других разделах документации. Кроме того, пользователи могут определять свои функции и операторы, как описано в Части V. Просмотреть все существующие функции и операторы можно в psql с помощью команд `\df` и `\do`, соответственно.

В этой главе типы аргументов и результата функции обозначаются так:

`repeat ( text, integer ) → text`

В данном случае она говорит, что функция `repeat` принимает один текстовый и один целочисленный аргумент и возвращает результат текстового типа. Стрелка вправо также указывает на результат в примере использования, например:

`repeat('Pg', 4) → PgPgPgPg`

Если для вас важна переносимость, учтите, что практически все функции и операторы, описанные в этой главе, за исключением простейших арифметических и операторов сравнения, а также явно отмеченных функций, не описаны в стандарте SQL. Тем не менее частично эта расширенная функциональность присутствует и в других СУБД SQL и во многих случаях различные реализации одинаковых функций оказываются аналогичными и совместимыми.

9.1. Логические операторы

Набор логических операторов включает обычные:

`boolean AND boolean → boolean`

`boolean OR boolean → boolean`

`NOT boolean → boolean`

В SQL работает логическая система с тремя состояниями: true (истина), false (ложь) и `NULL`, «неопределённое» состояние. Рассмотрите следующие таблицы истинности:

a	*b*	*a* **AND** *b*	*a* **OR** *b*
TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
TRUE	NULL	NULL	TRUE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
FALSE	NULL	FALSE	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL

a	**NOT** *a*
TRUE	FALSE
FALSE	TRUE
NULL	NULL

Операторы `AND` и `OR` коммутативны, то есть от перемены мест операндов результат не меняется. (Однако левый операнд не обязательно будет вычисляться перед правым. Более подробно порядок вычисления подвыражений описывается в Подразделе 4.2.14.)

9.2. Функции и операторы сравнения

Набор операторов сравнения включает обычные операторы, перечисленные в Таблице 9.1.

Таблица 9.1. Операторы сравнения

Оператор	Описание
тип_данных < *тип_данных* → boolean	Меньше
тип_данных > *тип_данных* → boolean	Больше
тип_данных <= *тип_данных* → boolean	Меньше или равно
тип_данных >= *тип_данных* → boolean	Больше или равно
тип_данных = *тип_данных* → boolean	Равно
тип_данных <> *тип_данных* → boolean	Не равно
тип_данных != *тип_данных* → boolean	Не равно

> ## Примечание
>
> В стандарте SQL для условия «не равно» принята запись `<>`. Синонимичная ей запись `!=` преобразуется в `<>` на самой ранней стадии разбора запроса. Как следствие, реализовать операторы `!=` и `<>` так, чтобы они работали по-разному, невозможно.

Эти операторы сравнения имеются для всех встроенных типов данных, значения которых сортируются естественным образом, включая числовые, строковые типы, а также типы даты/времени. Кроме того, сравниваться могут массивы, составные типы и диапазоны, если типы данных их компонентов являются сравниваемыми.

Обычно можно сравнивать также значения связанных типов данных; например, возможно сравнение `integer > bigint`. Некоторые подобные операции реализуются непосредственно «межтиповыми» операторами сравнения, но если такого оператора нет, анализатор запроса попытается привести частные типы к более общим и применить подходящий для них оператор сравнения.

Как показано выше, все операторы сравнения являются бинарными и возвращают значения типа `boolean`. Таким образом, выражения вида `1 < 2 < 3` недопустимы (так как не существует оператора `<`, который бы сравнивал булево значение с `3`). Для проверки нахождения значения в интервале, воспользуйтесь предикатом `BETWEEN`, описанным ниже.

Существует также несколько предикатов сравнения; они приведены в Таблице 9.2. Они работают подобно операторам, но имеют особый синтаксис, установленный стандартом SQL.

Таблица 9.2. Предикаты сравнения

Предикат Описание Пример(ы)

тип_данных BETWEEN *тип_данных* AND *тип_данных* → boolean
Между (включая границы интервала).
`2 BETWEEN 1 AND 3` → `t`
`2 BETWEEN 3 AND 1` → `f`

тип_данных NOT BETWEEN *тип_данных* AND *тип_данных* → boolean Не между (обратное к `BETWEEN`). `2 NOT BETWEEN 1 AND 3` → `f`
тип_данных BETWEEN SYMMETRIC *тип_данных* AND *тип_данных* → boolean Между, после сортировки граничных значений. `2 BETWEEN SYMMETRIC 3 AND 1` → `t`
тип_данных NOT BETWEEN SYMMETRIC *тип_данных* AND *тип_данных* → boolean

Предикат Описание Пример(ы)
Не между, после сортировки граничных значений. `2 NOT BETWEEN SYMMETRIC 3 AND 1` → `f`
тип_данных `IS DISTINCT FROM` *тип_данных* → `boolean` Не равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение. `1 IS DISTINCT FROM NULL` → `t` (а не `NULL`) `NULL IS DISTINCT FROM NULL` → `f` (а не `NULL`)
тип_данных `IS NOT DISTINCT FROM` *тип_данных* → `boolean` Равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение. `1 IS NOT DISTINCT FROM NULL` → `f` (а не `NULL`) `NULL IS NOT DISTINCT FROM NULL` → `t` (а не `NULL`)
тип_данных `IS NULL` → `boolean` Проверяет, является ли значение эквивалентным NULL. `1.5 IS NULL` → `f`
тип_данных `IS NOT NULL` → `boolean` Проверяет, отличается ли значение от NULL. `'null' IS NOT NULL` → `t`
тип_данных `ISNULL` → `boolean` Проверяет, является ли значение эквивалентным NULL (нестандартный синтаксис).
тип_данных `NOTNULL` → `boolean` Проверяет, отличается ли значение от NULL (нестандартный синтаксис).

`boolean IS TRUE` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения значением true.
`true IS TRUE` → `t`
`NULL::boolean IS TRUE` → `f` (а не `NULL`)

`boolean IS NOT TRUE` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения значением false или неизвестным.
`true IS NOT TRUE` → `f`
`NULL::boolean IS NOT TRUE` → `t` (а не `NULL`)

`boolean IS FALSE` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения значением false.
`true IS FALSE` → `f`
`NULL::boolean IS FALSE` → `f` (а не `NULL`)

`boolean IS NOT FALSE` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения значением true или неизвестным.
`true IS NOT FALSE` → `t`
`NULL::boolean IS NOT FALSE` → `t` (а не `NULL`)

`boolean IS UNKNOWN` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения неизвестным значением.
`true IS UNKNOWN` → `f`
`NULL::boolean IS UNKNOWN` → `t` (а не `NULL`)

Предикат Описание Пример(ы)

`boolean IS NOT UNKNOWN` → `boolean`
Проверяет, является ли результат логического выражения значением true или false.
`true IS NOT UNKNOWN` → `t`
`NULL::boolean IS NOT UNKNOWN` → `f` (а не `NULL`)

Предикат `BETWEEN` упрощает проверки интервала:

```
a BETWEEN x AND y
```

равнозначно

```
a >= x AND a <= y
```

Заметьте, что `BETWEEN` считает, что границы интервала включаются в интервал. Предикат `BETWEEN SYMMETRIC` аналогичен `BETWEEN`, за исключением того, что аргумент слева от `AND` не обязательно должен быть меньше или равен аргументу справа. Если это не так, аргументы автоматически меняются местами, так что всегда подразумевается непустой интервал.

Различные варианты `BETWEEN` реализуются посредством обычных операторов сравнения, и поэтому они будут работать с любыми типами данных, которые можно сравнивать.

> ## Примечание
>
> Использование `AND` в конструкции `BETWEEN` создаёт неоднозначность с использованием `AND` в качестве логического оператора. Для её устранения в качестве второго аргумента предложения `BETWEEN` принимается только ограниченный набор типов выражений. Если вам нужно записать более сложное подвыражение в `BETWEEN`, заключите это подвыражение в скобки.

Обычные операторы сравнения выдают NULL (что означает «неопределённость»), а не true или false, когда любое из сравниваемых значений NULL. Например, `7 = NULL` выдаёт NULL, так же, как и `7 <> NULL`. Когда это поведение нежелательно, можно использовать предикаты `IS [ NOT ] DISTINCT FROM`:

```
a IS DISTINCT FROM b
a IS NOT DISTINCT FROM b
```

Для значений не NULL условие `IS DISTINCT FROM` работает так же, как оператор `<>`. Однако если оба сравниваемых значения NULL, результат будет false, и только если одно из значений NULL, возвращается true. Аналогично, условие `IS NOT DISTINCT FROM` равносильно `=` для значений не NULL, но возвращает true, если оба сравниваемых значения NULL, и false в противном случае. Таким образом, эти предикаты по сути работают с NULL, как с обычным значением, а не с «неопределённостью».

Для проверки, содержит ли значение NULL или нет, используются предикаты:

```
выражение IS NULL
выражение IS NOT NULL
```

или равнозначные (но нестандартные) предикаты:

```
выражение ISNULL
выражение NOTNULL
```

Заметьте, что проверка `выражение = NULL` *не* будет работать, так как `NULL` считается не «равным» `NULL`. (Значение NULL представляет неопределённость, и равны ли две неопределённости, тоже не определено.)

> **Подсказка**
>
> Некоторые приложения могут ожидать, что *выражение* = NULL вернёт true, если результатом *выражения* является NULL. Такие приложения настоятельно рекомендуется исправить и привести в соответствие со стандартом SQL. Однако в случаях, когда это невозможно, это поведение можно изменить с помощью параметра конфигурации transform_null_equals. Когда этот параметр включён, PostgreSQL преобразует условие `x = NULL` в `x IS NULL`.

Если *выражение* возвращает табличную строку, тогда `IS NULL` будет истинным, когда само выражение — NULL или все поля строки — NULL, а `IS NOT NULL` будет истинным, когда само выражение не NULL, и все поля строки так же не NULL. Вследствие такого определения, `IS NULL` и `IS NOT NULL` не всегда будут возвращать взаимодополняющие результаты для таких выражений; в частности такие выражения со строками, одни поля которых NULL, а другие не NULL, будут ложными одновременно. В некоторых случаях имеет смысл написать *строка* `IS DISTINCT FROM NULL` или *строка* `IS NOT DISTINCT FROM NULL`, чтобы просто проверить, равно ли NULL всё значение строки, без каких-либо дополнительных проверок полей строки.

Логические значения можно также проверить с помощью предикатов

```
логическое_выражение IS TRUE
логическое_выражение IS NOT TRUE
логическое_выражение IS FALSE
логическое_выражение IS NOT FALSE
логическое_выражение IS UNKNOWN
логическое_выражение IS NOT UNKNOWN
```

Они всегда возвращают true или false и никогда NULL, даже если какой-любо операнд — NULL. Они интерпретируют значение NULL как «неопределённость». Заметьте, что `IS UNKNOWN` и `IS NOT UNKNOWN` по сути равнозначны `IS NULL` и `IS NOT NULL`, соответственно, за исключением того, что выражение может быть только булевого типа.

Также имеется несколько связанных со сравнениями функций; они перечислены в Таблице 9.3.

Таблица 9.3. Функции сравнения

Функция Описание Пример(ы)

`num_nonnulls ( VARIADIC "any" )` → `integer`
Возвращает число аргументов, отличных от NULL.
`num_nonnulls(1, NULL, 2)` → `2`

`num_nulls ( VARIADIC "any" )` → `integer`
Возвращает число аргументов NULL.
`num_nulls(1, NULL, 2)` → `1`

9.3. Математические функции и операторы

Математические операторы определены для множества типов PostgreSQL. Как работают эти операции с типами, для которых нет стандартных соглашений о математических действиях (например, с типами даты/времени), мы опишем в последующих разделах.

В Таблице 9.4 показаны математические операторы, реализованные для стандартных числовых типов. Если не отмечено обратное, операторы, принимающие *числовой_тип*, работают с типами `smallint`, `integer`, `bigint`, `numeric`, `real` и `double precision`. Операторы, принимающие *целочисленный_тип*, работают с типами `smallint`, `integer` и `bigint`. За исключением явно отмеченных случаев, все разновидности операторов возвращают такой же тип данных, который имеет их аргумент (или их аргументы). Вызовы с неодинаковыми типами аргументов, например `integer + numeric`, разрешаются в пользу типа, оказавшегося последним в определённых выше списках.

Таблица 9.4. Математические операторы

Оператор	Описание	Пример(ы)
числовой_тип `+` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Сложение	`2 + 3` → `5`
`+` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Унарный плюс (нет операции)	`+ 3.5` → `3.5`
числовой_тип `-` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Вычитание	`2 - 3` → `-1`
`-` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Смена знака	`- (-4)` → `4`
числовой_тип `*` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Умножение	`2 * 3` → `6`

числовой_тип `/` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Деление (при делении целочисленных типов результат округляется в направлении нуля)	`5.0 / 2` → `2.5000000000000000`
		`5 / 2` → `2`
		`(-5) / 2` → `-2`

числовой_тип `%` *числовой_тип* → *числовой_тип*	Остаток от деления; имеется для типов `smallint`, `integer`, `bigint` и `numeric`	`5 % 4` → `1`

`numeric ^ numeric` → `numeric`
`double precision ^ double precision` → `double precision`
	Возведение в степень
	В отличие от принятого в математике порядка, `^` по умолчанию вычисляется слева направо
		`2 ^ 3` → `8`
		`2 ^ 3 ^ 3` → `512`
		`2 ^ (3 ^ 3)` → `134217728`

`|/ double precision` → `double precision`	Квадратный корень	`|/ 25.0` → `5`
`||/ double precision` → `double precision`	Кубический корень	`||/ 64.0` → `4`
`bigint !` → `numeric`	Факториал (устаревший оператор, его заменяет функция `factorial()`)	

Оператор Описание Пример(ы)
`5 !` → `120`

`!! bigint` → `numeric`
Факториал в префиксной форме (устаревший оператор, его заменяет функция `factorial()`)
`!! 5` → `120`

`@` *числовой_тип* → *числовой_тип* Абсолютное значение `@ -5.0` → `5`
целочисленный_тип `&` *целочисленный_тип* → *целочисленный_тип* Битовое И `91 & 15` → `11`
целочисленный_тип `|` *целочисленный_тип* → *целочисленный_тип* Битовое ИЛИ `32 | 3` → `35`
целочисленный_тип `#` *целочисленный_тип* → *целочисленный_тип* Битовое исключающее ИЛИ `17 # 5` → `20`
`~` *целочисленный_тип* → *целочисленный_тип* Битовое НЕ `~1` → `-2`
целочисленный_тип `<< integer` → *целочисленный_тип* Битовый сдвиг влево `1 << 4` → `16`
целочисленный_тип `>> integer` → *целочисленный_тип* Битовый сдвиг вправо `8 >> 2` → `2`

В Таблице 9.5 перечислены все существующие математические функции. Многие из этих функций имеют несколько форм с разными типами аргументов. За исключением случаев, где это указано явно, все разновидности функций возвращают тот же тип данных, который имеет их аргумент (или аргументы); вызовы с неодинаковыми типами разрешаются по тому же принципу, что был описан выше для операторов. Функции, работающие с данными `double precision`, в массе своей используют реализации из системных библиотек сервера, поэтому точность и поведение в граничных случаях может зависеть от системы сервера.

Таблица 9.5. Математические функции

Функция Описание Пример(ы)
`abs` (*числовой_тип*) → *числовой_тип* Абсолютное значение `abs(-17.4)` → `17.4`

`cbrt` (`double precision`) → `double precision`
Кубический корень
`cbrt(64.0)` → `4`

Функция Описание Пример(ы)

`ceil ( numeric ) → numeric`
`ceil ( double precision ) → double precision`
Ближайшее целое, большее или равное аргументу
`ceil(42.2) → 43`
`ceil(-42.8) → -42`

`ceiling ( numeric ) → numeric`
`ceiling ( double precision ) → double precision`
Ближайшее целое, большее или равное аргументу (равнозначно `ceil`)
`ceiling(95.3) → 96`

`degrees ( double precision ) → double precision`
Преобразование радианов в градусы
`degrees(0.5) → 28.64788975654116`

`div (` *y* `numeric,` *x* `numeric ) → numeric`
Целочисленный результат *y*/*x* (округлённый в направлении нуля)
`div(9,4) → 2`

`exp ( numeric ) → numeric`
`exp ( double precision ) → double precision`
Экспонента (`e` возводится в заданную степень)
`exp(1.0) → 2.7182818284590452`

`factorial ( bigint ) → numeric`
Факториал
`factorial(5) → 120`

`floor ( numeric ) → numeric`
`floor ( double precision ) → double precision`
Ближайшее целое, меньшее или равное аргументу
`floor(42.8) → 42`
`floor(-42.8) → -43`

`gcd (` *числовой_тип* `,` *числовой_тип* `) →` *числовой_тип* Наибольший общий делитель (наибольшее положительное целое, на которое оба аргумента делятся без остатка); `0`, если оба аргумента нулевые; имеется для типов `integer`, `bigint` и `numeric` `gcd(1071, 462) → 21`
`lcm (` *числовой_тип* `,` *числовой_тип* `) →` *числовой_тип* Наименьшее общее кратное (наименьшее строго положительное число, которое делится нацело на оба аргумента); `0`, если оба аргумента нулевые; имеется для типов `integer`, `bigint` и `numeric` `lcm(1071, 462) → 23562`

`ln ( numeric ) → numeric`
`ln ( double precision ) → double precision`
Натуральный логарифм
`ln(2.0) → 0.6931471805599453`

`log ( numeric ) → numeric` `log ( double precision ) → double precision`

Функция Описание Пример(ы)
Логарифм по основанию 10 `log(100)` → `2`

`log10` (`numeric`) → `numeric`
`log10` (`double precision`) → `double precision`
Логарифм по основанию 10 (то же, что и `log`)
`log10(1000)` → `3`

`log` (*b* `numeric`, *x* `numeric`) → `numeric`
Логарифм *x* по основанию *b*
`log(2.0, 64.0)` → `6.0000000000`

`min_scale` (`numeric`) → `integer`
Минимальный масштаб (число цифр в дробной части), необходимый для точного представления заданного значения
`min_scale(8.4100)` → `2`

`mod` (*y числовой_тип* , *x числовой_тип*) → *числовой_тип* Остаток от деления *y*/*x*; имеется для типов `smallint`, `integer`, `bigint` и `numeric` `mod(9,4)` → `1`

`pi` ( ) → `double precision`
Приближённое значение π
`pi()` → `3.141592653589793`

`power` (*a* `numeric`, *b* `numeric`) → `numeric`
`power` (*a* `double precision`, *b* `double precision`) → `double precision`
a возводится в степень *b*
`power(9, 3)` → `729`

`radians` (`double precision`) → `double precision`
Преобразование градусов в радианы
`radians(45.0)` → `0.7853981633974483`

`round` (`numeric`) → `numeric`
`round` (`double precision`) → `double precision`
Округляет до ближайшего целого числа. Для `numeric` половина (.5) округляется до одного по модулю. Для `double precision` результат округления половины зависит от платформы (обычно выполняется «округление до ближайшего чётного»).
`round(42.4)` → `42`

`round` (*v* `numeric`, *s* `integer`) → `numeric`
Округление *v* до *s* десятичных знаков. Половина (.5) округляется до 1 по модулю.
`round(42.4382, 2)` → `42.44`
`round(1234.56, -1)` → `1230`

`scale` (`numeric`) → `integer`
Масштаб аргумента (число десятичных цифр в дробной части)
`scale(8.4100)` → `4`

`sign` (`numeric`) → `numeric`
`sign` (`double precision`) → `double precision`
Знак аргумента (-1, 0 или +1)

Функция Описание Пример(ы)
`sign(-8.4)` → `-1`

`sqrt ( numeric ) → numeric`
`sqrt ( double precision ) → double precision`
Квадратный корень
`sqrt(2)` → `1.4142135623730951`

`trim_scale ( numeric ) → numeric`
Сокращает масштаб значения (число цифр в дробной части), убирая конечные нули
`trim_scale(8.4100)` → `8.41`

`trunc ( numeric ) → numeric`
`trunc ( double precision ) → double precision`
Усечение до целого (в направлении нуля)
`trunc(42.8)` → `42`
`trunc(-42.8)` → `-42`

`trunc ( v numeric, s integer ) → numeric`
Усечение *v* до *s* десятичных знаков
`trunc(42.4382, 2)` → `42.43`

`width_bucket ( operand numeric, low numeric, high numeric, count integer ) → integer`
`width_bucket ( operand double precision, low double precision, high double precision, count integer ) → integer`
Возвращает номер группы, в которую попадёт *operand* в гистограмме с числом групп *count* равного размера, в диапазоне от *low* до *high*. Группы определяются нижними границами (включая значения на границе) и верхними границами (без значений на границе). Результатом будет `0`, если операнд лежит левее значения *low*, и *count*+1, если значение больше значения *high* или равно ему. При сценарии *low* > *high* ситуация будет обратная, и группа `1` теперь будет ниже значения *low*, и включаться будут пограничные значения начиная с верхних.
`width_bucket(5.35, 0.024, 10.06, 5)` → `3`
`width_bucket(9, 10, 0, 10)` → `2`

`width_bucket ( operand anyelement, thresholds anyarray ) → integer`
Возвращает номер группы, в которую попадёт *operand* (группы определяются нижними границами, включающими пограничные значения, передаваемыми в *thresholds*). Результатом будет 0, если операнд оказывается левее нижней границы. Аргумент *operand* и элементы массива могут быть любого типа, для которого определены стандартные операторы сравнения. Массив *thresholds* *должен быть отсортирован* по возрастанию, иначе будут получены неожиданные результаты.
`width_bucket(now(), array['yesterday', 'today', 'tomorrow']::timestamptz[])` → `2`

В Таблице 9.6 перечислены все функции для генерации случайных чисел.

Таблица 9.6. Случайные функции

Функция Описание Пример(ы)
`random ( ) → double precision` Возвращает случайное число в диапазоне 0.0 <= x < 1.0

Функция Описание Пример(ы)
`random()` → `0.897124072839091`

`setseed ( double precision ) → void`
Задаёт отправную точку для последующих вызовов `random()`; аргументом может быть число от -1.0 до 1.0, включая границы
`setseed(0.12345)`

Функция `random()` использует простой линейный конгруэнтный алгоритм. Она работает быстро, но не подходит для криптографических приложений; более безопасная альтернатива имеется в модуле pgcrypto. Если воспользоваться функцией `setseed()` и вызывать её с одним и тем же аргументом, в текущем сеансе можно получать повторяющиеся последовательности результатов `random()`. Если функция `setseed()` до этого не вызывалась в текущем сеансе, при первом вызове `random()` затравка будет получена из платформозависимого источника случайных чисел.

В Таблице 9.7 перечислены все имеющиеся тригонометрические функции. У каждой функции имеются две вариации: одна измеряет углы в радианах, а вторая — в градусах.

Таблица 9.7. Тригонометрические функции

Функция Описание Пример(ы)

`acos ( double precision ) → double precision`
Арккосинус в радианах
`acos(1)` → `0`

`acosd ( double precision ) → double precision`
Арккосинус в градусах
`acosd(0.5)` → `60`

`asin ( double precision ) → double precision`
Арксинус в радианах
`asin(1)` → `1.5707963267948966`

`asind ( double precision ) → double precision`
Арксинус в градусах
`asind(0.5)` → `30`

`atan ( double precision ) → double precision`
Арктангенс в радианах
`atan(1)` → `0.7853981633974483`

`atand ( double precision ) → double precision`
Арктангенс в градусах
`atand(1)` → `45`

`atan2 (` *y* `double precision,` *x* `double precision ) → double precision`
Арктангенс отношения y/x в радианах
`atan2(1,0)` → `1.5707963267948966`

`atan2d (` *y* `double precision,` *x* `double precision ) → double precision`
Арктангенс отношения y/x в градусах
`atan2d(1,0)` → `90`

`cos ( double precision ) → double precision` Косинус угла в радианах

Функция Описание Пример(ы)
`cos(0)` → `1`

`cosd ( double precision ) → double precision`
Косинус угла в градусах
`cosd(60)` → `0.5`

`cot ( double precision ) → double precision`
Котангенс угла в радианах
`cot(0.5)` → `1.830487721712452`

`cotd ( double precision ) → double precision`
Котангенс угла в градусах
`cotd(45)` → `1`

`sin ( double precision ) → double precision`
Синус угла в радианах
`sin(1)` → `0.8414709848078965`

`sind ( double precision ) → double precision`
Синус угла в градусах
`sind(30)` → `0.5`

`tan ( double precision ) → double precision`
Тангенс угла в радианах
`tan(1)` → `1.5574077246549023`

`tand ( double precision ) → double precision`
Тангенс угла в градусах
`tand(45)` → `1`

Примечание

Также можно работать с углами в градусах, применяя вышеупомянутые функции преобразования единиц `radians()` и `degrees()`. Однако предпочтительнее использовать тригонометрические функции с градусами, так как это позволяет избежать ошибок округления в особых случаях, например, при вычислении `sind(30)`.

В Таблице 9.8 перечислены все имеющиеся гиперболические операторы.

Таблица 9.8. Гиперболические функции

Функция Описание Пример(ы)

`sinh ( double precision ) → double precision`
Гиперболический синус
`sinh(1)` → `1.1752011936438014`

`cosh ( double precision ) → double precision`
Гиперболический косинус
`cosh(0)` → `1`

`tanh ( double precision ) → double precision` Гиперболический тангенс

Функция Описание Пример(ы)
`tanh(1)` → `0.7615941559557649`

`asinh` (`double precision`) → `double precision`
Обратный гиперболический синус
`asinh(1)` → `0.881373587019543`

`acosh` (`double precision`) → `double precision`
Обратный гиперболический косинус
`acosh(1)` → `0`

`atanh` (`double precision`) → `double precision`
Обратный гиперболический тангенс
`atanh(0.5)` → `0.5493061443340548`

9.4. Строковые функции и операторы

В этом разделе описаны функции и операторы для работы с текстовыми строками. Под строками в данном контексте подразумеваются значения типов `character`, `character varying` и `text`. Если не отмечено обратное, эти функции и операторы принимают и возвращают тип `text`. С тем же успехом в аргументах может передаваться тип `character varying`. Аргументы же типа `character` до вызова оператора или функции приводятся к типу `text`, вследствие чего завершающие пробелы в значении `character` будут обрезаться.

В SQL определены несколько строковых функций, в которых аргументы разделяются не запятыми, а ключевыми словами. Они перечислены в Таблице 9.9. PostgreSQL также предоставляет варианты этих функций с синтаксисом, обычным для функций (см. Таблицу 9.10).

> **Примечание**
>
> До версии 8.3 в PostgreSQL эти функции также прозрачно принимали значения некоторых не строковых типов, неявно приводя эти значения к типу `text`. Сейчас такие приведения исключены, так как они часто приводили к неожиданным результатам. Однако оператор конкатенации строк (`||`) по-прежнему принимает не только строковые данные, если хотя бы один аргумент имеет строковый тип, как показано в Таблице 9.9. Во всех остальных случаях для повторения предыдущего поведения потребуется добавить явное преобразование в `text`.

Таблица 9.9. Строковые функции и операторы языка SQL

Функция/оператор Описание Пример(ы)

`text || text` → `text`
Соединяет две строки.
`'Post' || 'greSQL'` → `PostgreSQL`

`text || anynonarray` → `text`
`anynonarray || text` → `text`
Преобразует нестроковый аргумент в текст, а затем соединяет две строки. (Нестроковый аргумент не должен быть массивом, иначе возникает неоднозначность с операторами массивов `||`. Если вы хотите соединить строку с текстовой формой массива, явно приведите его к типу `text`.)
`'Value: ' || 42` → `Value: 42`

`text IS [NOT] [`*form*`] NORMALIZED` → `boolean`

Функция/оператор Описание Пример(ы)
Проверяет, соответствует ли строка определённой форме нормализации Юникода. Форма указывается в необязательном ключевом слове *form*: NFC (по умолчанию), NFD, NFKC или NFKD. Это выражение можно использовать, только если кодировка сервера — UTF8. Заметьте, что проверить нормализацию с помощью этого выражения, как правило, будет быстрее, чем нормализовать уже, возможно, нормализованные строки. `U&'\0061\0308bc' IS NFD NORMALIZED` → t
`bit_length ( text ) → integer` Возвращает число бит в строке (это число в 8 раз больше `octet_length`). `bit_length('jose')` → 32

`char_length ( text ) → integer`
`character_length ( text ) → integer`
Возвращает число символов в строке.
`char_length('josé')` → 4

`lower ( text ) → text` Переводит символы строки в нижний регистр в соответствии с правилами локали базы данных. `lower('TOM')` → tom
`normalize ( text [, form] ) → text` Переводит строку в заданную форму нормализации Unicode. Форма указывается в необязательном ключевом слове *form*: NFC (по умолчанию), NFD, NFKC или NFKD. Эту функцию можно использовать, только если кодировка сервера — UTF8. `normalize(U&'\0061\0308bc', NFC)` → U&'\00E4bc'
`octet_length ( text ) → integer` Возвращает число байт в строке. `octet_length('josé')` → 5 (если серверная кодировка — UTF8)
`octet_length ( character ) → integer` Возвращает число байт в строке. Так как эта вариация функции принимает непосредственно тип `character`, завершающие строку пробелы не обрезаются. `octet_length('abc '::character(4))` → 4
`overlay ( string text PLACING newsubstring text FROM start integer [FOR count integer] ) → text` Заменяет подстроку в *string*, начиная с символа с номером *start*, длиной *count* символов, на подстроку *newsubstring*. В отсутствие параметра *count* количество заменяемых символов определяется длиной *newsubstring*. `overlay('Txxxxas' placing 'hom' from 2 for 4)` → Thomas
`position ( substring text IN string text ) → integer` Возвращает начальную позицию первого вхождения *substring* в строке *string* либо 0, если такого вхождения нет. `position('om' in 'Thomas')` → 3
`substring ( string text [FROM start integer] [FOR count integer] ) → text` Извлекает из *string* подстроку, начиная с позиции *start* (если она указана), длиной до *count* символов (если она указана). Параметры *start* и *count* могут опускаться, но не оба сразу. `substring('Thomas' from 2 for 3)` → hom `substring('Thomas' from 3)` → omas

Функция/оператор Описание Пример(ы)
`substring('Thomas' for 2)` → `Th`

`substring` (*string* `text` `FROM` *pattern* `text`) → `text`
Извлекает первую подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле POSIX; см. Подраздел 9.7.3.
`substring('Thomas' from '...$')` → `mas`

`substring` (*string* `text` `FROM` *pattern* `text` `FOR` *escape* `text`) → `text`
Извлекает первую подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле SQL; см. Подраздел 9.7.2.
`substring('Thomas' from '%#"o_a#"_' for '#')` → `oma`

`trim` ([`LEADING` | `TRAILING` | `BOTH`] [*characters* `text`] `FROM` *string* `text`) → `text`
Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы *characters* (по умолчанию пробелы), с начала, с конца или с обеих сторон (`BOTH`, по умолчанию) строки *string*.
`trim(both 'xyz' from 'yxTomxx')` → `Tom`

`trim` ([`LEADING` | `TRAILING` | `BOTH`] [`FROM`] *string* `text` [, *characters* `text`]) → `text`
Это нестандартный синтаксис вызова `trim()` .
`trim(both from 'yxTomxx', 'xyz')` → `Tom`

`upper` (`text`) → `text`
Переводит символы строки в верхний регистр, в соответствии с правилами локали базы данных.
`upper('tom')` → `TOM`

Кроме этого, в PostgreSQL есть и другие функции для работы со строками, перечисленные в Таблице 9.10. Некоторые из них используются в качестве внутренней реализации стандартных строковых функций SQL, приведённых в Таблице 9.9.

Таблица 9.10. Другие строковые функции

Функция Описание Пример(ы)

`ascii` (`text`) → `integer`
Возвращает числовой код первого символа аргумента. Для UTF8 возвращает код символа в Unicode. Для других многобайтных кодировок аргумент должен быть ASCII-символом.
`ascii('x')` → `120`

`btrim` (*string* `text` [, *characters* `text`]) → `text`
Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы *characters* (по умолчанию пробел), с начала и с конца строки *string*.
`btrim('xyxtrimyyx', 'xyz')` → `trim`

`chr` (`integer`) → `text`
Возвращает символ с данным кодом. Для UTF8 аргумент воспринимается как код символа Unicode, а для других кодировок он должен указывать на ASCII-символ. Эта функция не может выдать `chr(0)` , так как данный символ нельзя сохранить в текстовых типах данных.
`chr(65)` → `A`

`concat` (*val1* `"any"` [, *val2* `"any"` [, ...]]) → `text` Соединяет текстовые представления всех аргументов, игнорируя NULL.

Функция Описание Пример(ы)
`concat('abcde', 2, NULL, 22)` → `abcde222`

`concat_ws` (*sep* `text`, *val1* `"any"` [, *val2* `"any"` [, ...]]) → `text`
Соединяет вместе все аргументы, кроме первого, через разделитель. Разделитель задаётся в первом аргументе и должен быть отличен от NULL. В других аргументах значение NULL игнорируется.
`concat_ws(',', 'abcde', 2, NULL, 22)` → `abcde,2,22`

`format` (*formatstr* `text` [, *formatarg* `"any"` [, ...]]) → `text`
Форматирует аргументы в соответствии со строкой формата; см. Подраздел 9.4.1. Эта функция работает подобно `sprintf` в языке C.
`format('Hello %s, %1$s', 'World')` → `Hello World, World`

`initcap` (`text`) → `text`
Переводит первую букву каждого слова в строке в верхний регистр, а остальные — в нижний. Словами считаются последовательности алфавитно-цифровых символов, разделённые любыми другими символами.
`initcap('hi THOMAS')` → `Hi Thomas`

`left` (*string* `text`, *n* `integer`) → `text`
Возвращает первые *n* символов в строке. Когда *n* меньше нуля, возвращаются все символы слева, кроме последних |*n*|.
`left('abcde', 2)` → `ab`

`length` (`text`) → `integer`
Возвращает число символов в строке.
`length('jose')` → `4`

`lpad` (*string* `text`, *length* `integer` [, *fill* `text`]) → `text`
Дополняет строку *string* слева до длины *length* символами *fill* (по умолчанию пробелами). Если длина строки уже больше заданной, она обрезается справа.
`lpad('hi', 5, 'xy')` → `xyxhi`

`ltrim` (*string* `text` [, *characters* `text`]) → `text`
Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы *characters* (по умолчанию пробелы), с начала строки *string*.
`ltrim('zzzytest', 'xyz')` → `test`

`md5` (`text`) → `text`
Вычисляет MD5-хеш аргумента и выдаёт результат в шестнадцатеричном виде.
`md5('abc')` → `900150983cd24fb0d6963f7d28e17f72`

`parse_ident` (*qualified_identifier* `text` [, *strict_mode* `boolean` `DEFAULT` `true`]) → `text[]`
Раскладывает полный идентификатор, задаваемый параметром *qualified_identifier*, на массив идентификаторов, удаляя кавычки, обрамляющие отдельные идентификаторы. По умолчанию лишние символы после последнего идентификатора вызывают ошибку, но если отключить строгий режим (передать во втором параметре `false`), такие символы игнорируются. (Это поведение полезно для разбора имён таких объектов, как функции.) Заметьте, что эта функция не усекает чрезмерно длинные идентификаторы. Если вы хотите получить усечённые имена, можно привести результат к `name[]`.
`parse_ident('"SomeSchema".someTable')` → `{SomeSchema,sometable}`

`pg_client_encoding` ( ) → `name`
Возвращает имя текущей клиентской кодировки.
`pg_client_encoding()` → `UTF8`

Функция Описание Пример(ы)

`quote_ident` (`text`) → `text`
Преобразует аргумент в строку, подходящую для использования в качестве идентификатора в SQL-операторе. При необходимости идентификатор заключается в кавычки (например, если он содержит символы, недопустимые в открытом виде, или буквы в разных регистрах). Если переданная строка содержит кавычки, они дублируются. См. также Пример 42.1.
`quote_ident('Foo bar')` → `"Foo bar"`

`quote_literal` (`text`) → `text`
Преобразует аргумент в строку, подходящую для использования в качестве текстовой константы в SQL-операторе. Внутренние символы апостроф и обратная косая черта при этом дублируются. Заметьте, что `quote_literal` возвращает NULL, когда на вход ей передаётся строка NULL; если же нужно получить представление и такого аргумента, лучше использовать `quote_nullable` . См. также Пример 42.1.
`quote_literal(E'O\'Reilly')` → `'O''Reilly'`

`quote_literal` (`anyelement`) → `text`
Переводит данное значение в текстовый вид и заключает в апострофы как текстовую строку. Символы апостроф и обратная косая черта при этом дублируются.
`quote_literal(42.5)` → `'42.5'`

`quote_nullable` (`text`) → `text`
Преобразует аргумент в строку, подходящую для использования в качестве текстовой константы в SQL-операторе; при этом для аргумента NULL возвращается строка `NULL`. Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом. См. также Пример 42.1.
`quote_nullable(NULL)` → `NULL`

`quote_nullable` (`anyelement`) → `text`
Переводит данное значение в текстовый вид и заключает в апострофы как текстовую строку, при этом для аргумента NULL возвращается строка `NULL`. Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом.
`quote_nullable(42.5)` → `'42.5'`

`regexp_match` (*`string`* `text`, *`pattern`* `text` [, *`flags`* `text`]) → `text[]`
Возвращает подходящие подстроки, полученные из первого вхождения регулярного выражения POSIX в строке *`string`*; см. Подраздел 9.7.3.
`regexp_match('foobarbequebaz', '(bar)(beque)')` → `{bar,beque}`

`regexp_matches` (*`string`* `text`, *`pattern`* `text` [, *`flags`* `text`]) → `setof text[]`
Возвращает подходящие подстроки, полученные из первого вхождения регулярного выражения POSIX в строке *`string`* или из нескольких вхождений, если использован флаг `g`; см. Подраздел 9.7.3.
`regexp_matches('foobarbequebaz', 'ba.', 'g')` →
`{bar}`
`{baz}`

`regexp_replace` (*`string`* `text`, *`pattern`* `text`, *`replacement`* `text` [, *`flags`* `text`]) → `text`
Заменяет подходящие подстроки, полученные из первого вхождения регулярного выражения POSIX или подходящие подстроки из нескольких вхождений, если использован флаг `g`; см. Подраздел 9.7.3.
`regexp_replace('Thomas', '.[mN]a.', 'M')` → `ThM`

`regexp_split_to_array` (*`string`* `text`, *`pattern`* `text` [, *`flags`* `text`]) → `text[]`

Функция Описание Пример(ы)
Разделяет содержимое *string* на элементы, используя в качестве разделителя регулярное выражение POSIX; см. Подраздел 9.7.3. `regexp_split_to_array('hello world', '\s+')` → `{hello,world}`

`regexp_split_to_table` (*string* `text`, *pattern* `text` [, *flags* `text`]) → `setof text`
Разделяет содержимое *string* на элементы, используя в качестве разделителя регулярное выражение POSIX; см. Подраздел 9.7.3.
`regexp_split_to_table('hello world', '\s+')` →
`hello`
`world`

`repeat` (*string* `text`, *number* `integer`) → `text`
Повторяет содержимое *string* указанное число (*number*) раз.
`repeat('Pg', 4)` → `PgPgPgPg`

`replace` (*string* `text`, *from* `text`, *to* `text`) → `text`
Заменяет все вхождения в *string* подстроки *from* подстрокой *to*.
`replace('abcdefabcdef', 'cd', 'XX')` → `abXXefabXXef`

`reverse` (`text`) → `text`
Переставляет символы в строке в обратном порядке.
`reverse('abcde')` → `edcba`

`right` (*string* `text`, *n* `integer`) → `text`
Возвращает последние *n* символов в строке. Когда *n* меньше нуля, возвращаются все символы справа, кроме первых |*n*|.
`right('abcde', 2)` → `de`

`rpad` (*string* `text`, *length* `integer` [, *fill* `text`]) → `text`
Дополняет строку *string* справа до длины *length* символами *fill* (по умолчанию пробелами). Если длина строки уже больше заданной, она обрезается.
`rpad('hi', 5, 'xy')` → `hixyx`

`rtrim` (*string* `text` [, *characters* `text`]) → `text`
Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы *characters* (по умолчанию пробелы), с конца строки *string*.
`rtrim('testxxzx', 'xyz')` → `test`

`split_part` (*string* `text`, *delimiter* `text`, *n* `integer`) → `text`
Разделяет строку *string* по символу *delimiter* и возвращает элемент по заданному номеру (считая с 1).
`split_part('abc~@~def~@~ghi', '~@~', 2)` → `def`

`strpos` (*string* `text`, *substring* `text`) → `integer`
Возвращает начальную позицию первого вхождения *substring* в строке *string* либо 0, если такого вхождения нет. (Ей подобна функция `position(` *substring* `in` *string*`)`, но обратите внимание на другой порядок аргументов.)
`strpos('high', 'ig')` → `2`

`substr` (*string* `text`, *start* `integer` [, *count* `integer`]) → `text`
Извлекает из *string* подстроку, начиная с позиции *start*, длиной до *count* символов (если это значение указано). (Ей равнозначна функция `substring(` *string* `from` *start* `for` *count*`)`.)
`substr('alphabet', 3)` → `phabet`

Функция Описание Пример(ы)
`substr('alphabet', 3, 2)` → `ph`

`starts_with` (*string* `text`, *prefix* `text`) → `boolean`
Возвращает `true`, если строка *string* начинается с подстроки *prefix*.
`starts_with('alphabet', 'alph')` → `t`

`to_ascii` (*string* `text`) → `text`
`to_ascii` (*string* `text`, *encoding* `name`) → `text`
`to_ascii` (*string* `text`, *encoding* `integer`) → `text`
Преобразует *string* в ASCII из другой кодировки, задаваемой по имени или номеру. В отсутствие указания *encoding* подразумевается кодировка базы данных (и на практике это единственный полезный вариант использования). В основном суть преобразования сводится к отбрасыванию диакритических знаков. Это преобразование поддерживается только для кодировок `LATIN1`, `LATIN2`, `LATIN9` и `WIN1250`. (Другое, более гибкое решение реализовано в модуле unaccent).
`to_ascii('Karél')` → `Karel`

`to_hex` (`integer`) → `text`
`to_hex` (`bigint`) → `text`
Преобразует число в шестнадцатеричное представление.
`to_hex(2147483647)` → `7fffffff`

`translate` (*string* `text`, *from* `text`, *to* `text`) → `text`
Заменяет каждый символ в *string*, входящий в множество *from*, на соответствующий символ в множестве *to*. Если строка *from* длиннее *to*, найденные в исходной строке лишние символы *from* удаляются.
`translate('12345', '143', 'ax')` → `a2x5`

Функции `concat`, `concat_ws` и `format` принимают переменное число аргументов, так что им для объединения или форматирования можно передавать значения в виде массива, помеченного ключевым словом `VARIADIC` (см. Подраздел 37.5.5). Элементы такого массива обрабатываются, как если бы они были обычными аргументами функции. Если вместо массива в соответствующем аргументе передаётся NULL, функции `concat` и `concat_ws` возвращают NULL, а `format` воспринимает NULL как массив нулевого размера.

Также обратите внимание на агрегатную функцию `string_agg` в Разделе 9.21 и функции для преобразования текста в `bytea` и наоборот в Таблице 9.13.

9.4.1. format

Функция `format` выдаёт текст, отформатированный в соответствии со строкой формата, подобно функции `sprintf` в C.

```
format(formatstr text [, formatarg "any" [, ...] ])
```

formatstr — строка, определяющая, как будет форматироваться результат. Обычный текст в строке формата непосредственно копируется в результат, за исключением *спецификаторов формата*. Спецификаторы формата представляют собой местозаполнители, определяющие, как должны форматироваться и выводиться в результате аргументы функции. Каждый аргумент *formatarg* преобразуется в текст по правилам вывода своего типа данных, а затем форматируется и вставляется в результирующую строку согласно спецификаторам формата.

Спецификаторы формата предваряются символом `%` и имеют форму

```
%[position][flags][width]type
```

Здесь:

position (необязательный)

Строка вида *n*$, где *n* — индекс выводимого аргумента. Индекс, равный 1, выбирает первый аргумент после *formatstr*. Если *position* опускается, по умолчанию используется следующий аргумент по порядку.

flags (необязательный)

Дополнительные флаги, управляющие форматированием данного спецификатора. В настоящее время поддерживается только знак минус (-), который выравнивает результат спецификатора по левому краю. Этот флаг работает, только если также определено поле *width*.

width (необязательный)

Задаёт *минимальное* число символов, которое будет занимать результат данного спецификатора. Выводимое значение выравнивается по правой или левой стороне (в зависимости от флага -) с дополнением необходимым числом пробелов. Если ширина слишком мала, она просто игнорируется, т. е. результат не усекается. Ширину можно обозначить положительным целым, звёздочкой (*), тогда ширина будет получена из следующего аргумента функции, или строкой вида **n*$, тогда ширина будет задаваться в *n*-ом аргументе функции.

Если ширина передаётся в аргументе функции, этот аргумент выбирается до аргумента, используемого для спецификатора. Если аргумент ширины отрицательный, результат выравнивается по левой стороне (как если бы был указан флаг -) в рамках поля длины abs(*width*).

type (обязательный)

Тип спецификатора определяет преобразование соответствующего выводимого значения. Поддерживаются следующие типы:

- s форматирует значение аргумента как простую строку. Значение NULL представляется пустой строкой.
- I обрабатывает значение аргумента как SQL-идентификатор, при необходимости заключая его в кавычки. Значение NULL для такого преобразования считается ошибочным (так же, как и для quote_ident).
- L заключает значение аргумента в апострофы, как строку SQL. Значение NULL выводится буквально, как NULL, без кавычек (так же, как и с quote_nullable).

В дополнение к спецификаторам, описанным выше, можно использовать спецпоследовательность %%, которая просто выведет символ %.

Несколько примеров простых преобразований формата:

```
SELECT format('Hello %s', 'World');
Результат: Hello World

SELECT format('Testing %s, %s, %s, %%', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing one, two, three, %

SELECT format('INSERT INTO %I VALUES(%L)', 'Foo bar', E'O\'Reilly');
Результат: INSERT INTO "Foo bar" VALUES('O''Reilly')

SELECT format('INSERT INTO %I VALUES(%L)', 'locations', 'C:\Program Files');
Результат: INSERT INTO locations VALUES('C:\Program Files')
```

Следующие примеры иллюстрируют использование поля *width* и флага -:

```
SELECT format('|%10s|', 'foo');
Результат: |       foo|
```

```
SELECT format('|%-10s|', 'foo');
Результат: |foo       |

SELECT format('|%*s|', 10, 'foo');
Результат: |       foo|

SELECT format('|%*s|', -10, 'foo');
Результат: |foo       |

SELECT format('|%-*s|', 10, 'foo');
Результат: |foo       |

SELECT format('|%-*s|', -10, 'foo');
Результат: |foo       |
```

Эти примеры показывают применение полей *position*:

```
SELECT format('Testing %3$s, %2$s, %1$s', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing three, two, one

SELECT format('|%*2$s|', 'foo', 10, 'bar');
Результат: |       bar|

SELECT format('|%1$*2$s|', 'foo', 10, 'bar');
Результат: |       foo|
```

В отличие от стандартной функции C `sprintf`, функция `format` в PostgreSQL позволяет комбинировать в одной строке спецификаторы с полями *position* и без них. Спецификатор формата без поля *position* всегда использует следующий аргумент после последнего выбранного. Кроме того, функция `format` не требует, чтобы в строке формата использовались все аргументы функции. Пример этого поведения:

```
SELECT format('Testing %3$s, %2$s, %s', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing three, two, three
```

Спецификаторы формата `%I` и `%L` особенно полезны для безопасного составления динамических операторов SQL. См. Пример 42.1.

9.5. Функции и операторы двоичных строк

В этом разделе описываются функции и операторы для работы с двоичными строками, то есть со значениями типа `bytea`. Многие из них идентичны по функциональности и синтаксису описанным в предыдущем разделе функциям, предназначенным для текстовых строк.

В SQL определены несколько строковых функций, в которых аргументы разделяются не запятыми, а ключевыми словами. Подробнее это описано в Таблице 9.11. PostgreSQL также предоставляет варианты этих функций с синтаксисом, обычным для функций (см. Таблицу 9.12).

Таблица 9.11. SQL-функции и операторы для работы с двоичными строками

Функция/оператор Описание Пример(ы)

`bytea || bytea` → `bytea`
Соединяет две двоичные строки.
`'\x123456'::bytea || '\x789a00bcde'::bytea` → `\x123456789a00bcde`

`bit_length ( bytea )` → `integer` Возвращает число бит в двоичной строке (это число в 8 раз больше `octet_length`).

Функция/оператор Описание Пример(ы)
bit_length('\x123456'::bytea) → 24
octet_length (bytea) → integer Возвращает число байт в двоичной строке. octet_length('\x123456'::bytea) → 3
overlay (*bytes* bytea PLACING *newsubstring* bytea FROM *start* integer [FOR *count* integer]) → bytea Заменяет подстроку в *bytes*, начиная с байта с номером *start*, длиной *count* байт, на подстроку *newsubstring*. В отсутствие параметра *count* количество заменяемых байтов определяется длиной *newsubstring*. overlay('\x1234567890'::bytea placing '\002\003'::bytea from 2 for 3) → \x12020390
position (*substring* bytea IN *bytes* bytea) → integer Возвращает начальную позицию первого вхождения *substring* в *bytes* либо 0, если такого вхождения нет. position('\x5678'::bytea in '\x1234567890'::bytea) → 3
substring (*bytes* bytea [FROM *start* integer] [FOR *count* integer]) → bytea Извлекает из *bytes* подстроку, начиная с позиции *start* (если она указана), длиной до *count* символов (если она указана). Параметры *start* и *count* могут опускаться, но не оба сразу. substring('\x1234567890'::bytea from 3 for 2) → \x5678
trim ([BOTH] *bytesremoved* bytea FROM *bytes* bytea) → bytea Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре *bytesremoved*, с начала и с конца строки *bytes*. trim('\x9012'::bytea from '\x1234567890'::bytea) → \x345678
trim ([BOTH] [FROM] *bytes* bytea, *bytesremoved* bytea) → bytea Это нестандартный синтаксис вызова trim() . trim(both from '\x1234567890'::bytea, '\x9012'::bytea) → \x345678

В PostgreSQL есть и другие функции для работы с двоичными строками, перечисленные в Таблице 9.12. Некоторые из них используются в качестве внутренней реализации стандартных функций SQL, приведённых в Таблице 9.11.

Таблица 9.12. Другие функции для работы с двоичными строками

Функция Описание Пример(ы)
btrim (*bytes* bytea, *bytesremoved* bytea) → bytea Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре *bytesremoved*, с начала и с конца строки *bytes*. btrim('\x1234567890'::bytea, '\x9012'::bytea) → \x345678
get_bit (*bytes* bytea, *n* bigint) → integer Извлекает из двоичной строки бит с номером n. get_bit('\x1234567890'::bytea, 30) → 1
get_byte (*bytes* bytea, *n* integer) → integer Извлекает из двоичной строки байт с номером n. get_byte('\x1234567890'::bytea, 4) → 144

Функция Описание Пример(ы)

`length ( bytea ) → integer`
Выдаёт число байт в двоичной строке.
`length('\x1234567890'::bytea)` → `5`

`length ( bytes bytea, encoding name ) → integer`
Выдаёт число символов в двоичной строке, в предположении, что она содержит текст в кодировке *encoding*.
`length('jose'::bytea, 'UTF8')` → `4`

`md5 ( bytea ) → text`
Вычисляет MD5-хеш двоичной строки и выдаёт результат в шестнадцатеричном виде.
`md5('Th\000omas'::bytea)` → `8ab2d3c9689aaf18b4958c334c82d8b1`

`set_bit ( bytes bytea, n bigint, newvalue integer ) → bytea`
Устанавливает в двоичной строке для бита с номером n значение *newvalue*.
`set_bit('\x1234567890'::bytea, 30, 0)` → `\x1234563890`

`set_byte ( bytes bytea, n integer, newvalue integer ) → bytea`
Устанавливает в двоичной строке для байта с номером n значение *newvalue*.
`set_byte('\x1234567890'::bytea, 4, 64)` → `\x1234567840`

`sha224 ( bytea ) → bytea`
Вычисляет хеш SHA-224 для двоичной строки.
`sha224('abc'::bytea)` → `\x23097d223405d8228642a477bda2 55b32aadbce4bda0b3f7e36c9da7`

`sha256 ( bytea ) → bytea`
Вычисляет хеш SHA-256 для двоичной строки.
`sha256('abc'::bytea)` → `\xba7816bf8f01cfea414140de5dae2223 b00361a396177a9cb410ff61f20015ad`

`sha384 ( bytea ) → bytea`
Вычисляет хеш SHA-384 для двоичной строки.
`sha384('abc'::bytea)` → `\xcb00753f45a35e8bb5a03d699ac65007 272c32ab0eded1631a8b605a43ff5bed8086072ba1e7cc2358baeca134c825a7`

`sha512 ( bytea ) → bytea`
Вычисляет хеш SHA-512 для двоичной строки.
`sha512('abc'::bytea)` → `\xddaf35a193617abacc417349ae204131 12e6fa4e89a97ea20a9eeee64b55d39a2192992a274fc1a836ba3c23a3feebbd 454d4423643ce80e2a9ac94fa54ca49f`

`substr ( bytes bytea, start integer [, count integer] ) → bytea`
Извлекает из *bytes* подстроку, начиная с позиции *start*, длиной до *count* байт (если это значение указано). (Ей равнозначна функция `substring( bytes from start for count )`.)
`substr('\x1234567890'::bytea, 3, 2)` → `\x5678`

Для функций `get_byte` и `set_byte` байты нумеруется с 0. Функции `get_bit` и `set_bit` нумеруют биты справа налево; например, бит 0 будет меньшим значащим битом первого байта, а бит 15 — большим значащим битом второго байта.

По историческим причинам функция `md5` возвращает значение в шестнадцатеричном виде в типе `text`, тогда как функции SHA-2 возвращают тип `bytea`. Для преобразования значения из одного представления в другое используйте функции `encode` и `decode`. Например, вызвав encode(sha256('abc'), 'hex'), вы получите значение в шестнадцатеричном виде в текстовой строке, а decode(md5('abc'), 'hex') выдаст значение bytea.

В Таблице 9.13 показаны функции для перекодирования текста из одного набора символов (кодировки) в другой и для представления произвольных двоичных данных в текстовом виде. Для всех этих функций аргумент или результат типа text содержит текст в текущей кодировке базы данных, тогда как аргументы или результаты типа bytea содержат текст в кодировке, заданной соответствующим аргументом.

Таблица 9.13. Функции для преобразования текстовых/двоичных строк

Функция Описание Пример(ы)
convert (*bytes* bytea, *src_encoding* name, *dest_encoding* name) → bytea Преобразует двоичную строку, содержащую текст в кодировке *src_encoding*, в двоичную строку с текстом в кодировке *dest_encoding* (возможные варианты преобразований описаны в Подразделе 23.3.4). convert('text_in_utf8', 'UTF8', 'LATIN1') → \x746578745f696e5f75746638
convert_from (*bytes* bytea, *src_encoding* name) → text Преобразует двоичную строку, содержащую текст в кодировке *src_encoding*, в строку типа text в кодировке базы данных (возможные варианты преобразований описаны в Подразделе 23.3.4). convert_from('text_in_utf8', 'UTF8') → text_in_utf8
convert_to (*string* text, *dest_encoding* name) → bytea Преобразует строку типа text в кодировке базы данных в двоичную строку с текстом в кодировке *dest_encoding* (возможные варианты преобразований описаны в Подразделе 23.3.4). convert_to('некоторый_текст', 'UTF8') → \x736f6d655f74657874
encode (*bytes* bytea, *format* text) → text Переводит двоичные данные в текстовое представление; поддерживаются следующие значения *format*: base64, escape, hex. encode('123\000\001', 'base64') → MTIzAAE=
decode (*string* text, *format* text) → bytea Переводит двоичные данные из текстового представления; поддерживает те же значения *format*, что и функция encode. decode('MTIzAAE=', 'base64') → \x3132330001

Функции encode и decode поддерживают следующие текстовые форматы:

base64

Формат base64 описан в *RFC 2045, Разделе 6.8*. Согласно этому RFC, закодированные строки разбиваются по 76 символов. Однако завершаются строки не символами CRLF (как требуется в соответствии с MIME), а одним символом конца строки. Функция decode, с другой стороны, игнорирует символы перевода каретки, новой строки, пробелы и табуляции. Если на вход decode поступают некорректные данные base64, возникает ошибка — в том числе, если оказывается некорректным завершающее выравнивание.

escape

В формате escape нулевые байты и байты с установленным старшим битом переводятся в восьмеричные спецпоследовательности (*nnn*), а обратная косая черта дублируется. Другие байтовые значения представляются в буквальном виде. Функция decode выдаст ошибку, встретив обратную косую черту, за которой не следует ещё одна обратная косая или три восьмеричных цифры; другие значения байта она принимает без изменений.

hex

В формате hex каждые 4 бита данных представляются одной шестнадцатеричной цифрой, от 0 до f, при этом первой идёт цифра, представляющая старшие биты. Шестнадцатеричные цифры a-f функция encode выводит в нижнем регистре. Так как наименьшая единица данных — байт (8 бит), функция encode всегда возвращает чётное количество символов. Функция decode, с другой стороны, принимает символы a-f в любом регистре. Если на вход функции decode поступают некорректные данные, возникает ошибка — в том числе, если число символов оказывается нечётным.

См. также агрегатную функцию string_agg в Разделе 9.21 и функции для работы с большими объектами в Разделе 34.4.

9.6. Функции и операторы для работы с битовыми строками

В этом разделе описываются функции и операторы, предназначенные для работы с битовыми строками, то есть с данными типов bit и bit varying. (Хотя в этих таблицах упоминается только тип bit, с ним полностью взаимозаменяем тип bit varying.) Для битовых строк поддерживаются обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1, а также операторы, приведённые в Таблице 9.14.

Таблица 9.14. Операторы для работы с битовыми строками

Оператор Описание Пример(ы)
bit || bit → bit Конкатенация B'10001' || B'011' → 10001011
bit & bit → bit Битовое И (операнды должны быть одинаковой длины) B'10001' & B'01101' → 00001
bit | bit → bit Битовое ИЛИ (операнды должны быть одинаковой длины) B'10001' | B'01101' → 11101
bit # bit → bit Битовое исключающее ИЛИ (операнды должны быть одинаковой длины) B'10001' # B'01101' → 11100
~ bit → bit Битовое НЕ ~ B'10001' → 01110
bit << integer → bit Битовый сдвиг влево (с сохранением длины строки) B'10001' << 3 → 01000
bit >> integer → bit Битовый сдвиг вправо (с сохранением длины строки) B'10001' >> 2 → 00100

Некоторые функции, работающие с двоичными строками, также работают и с битовыми строками, как показано в Таблице 9.15.

Таблица 9.15. Функции для работы с битовыми строками

Функция Описание Пример(ы)
`bit_length ( bit ) → integer` Возвращает число бит в битовой строке. `bit_length(B'10111')` → 5
`length ( bit ) → integer` Возвращает число бит в битовой строке. `length(B'10111')` → 5
`octet_length ( bit ) → integer` Возвращает число байт в битовой строке. `octet_length(B'1011111011')` → 2

`overlay (` *bits* `bit PLACING` *newsubstring* `bit FROM` *start* `integer [FOR` *count* `integer] ) → bit`
Заменяет подстроку в *bits*, начиная с бита с номером *start*, длиной *count* бит, на подстроку *newsubstring*. В отсутствие параметра *count* количество заменяемых бит определяется длиной *newsubstring*.
`overlay(B'01010101010101010' placing B'11111' from 2 for 3)` → `01111101010101010`

`position (` *substring* `bit IN` *bits* `bit ) → integer` Возвращает начальную позицию первого вхождения *substring* в *bits* либо 0, если такого вхождения нет. `position(B'010' in B'000001101011')` → 8
`substring (` *bits* `bit [FROM` *start* `integer] [FOR` *count* `integer] ) → bit` Извлекает из *bits* подстроку, начиная с позиции *start* (если она указана), длиной до *count* бит (если она указана). Параметры *start* и *count* могут опускаться, но не оба сразу. `substring(B'110010111111' from 3 for 2)` → 00
`get_bit (` *bits* `bit,` *n* `integer ) → integer` Извлекает из битовой строки бит с номером *n*; первый (самый левый) бит имеет номер 0. `get_bit(B'101010101010101010', 6)` → 1
`set_bit (` *bits* `bit,` *n* `integer,` *newvalue* `integer ) → bit` Устанавливает для бита с номером *n* в битовой строке значение *newvalue*; первый (самый левый) бит имеет номер 0. `set_bit(B'101010101010101010', 6, 0)` → 101010001010101010

Кроме того, целые значения можно преобразовать в тип `bit` и обратно. Приведение целого к типу `bit(n)` заключается в копировании в это значение правых `n` бит. Когда целое приводится к битовой строке, имеющей длину больше, чем размер этого целого, результат дополняется слева знаком. Некоторые примеры:

```
44::bit(10)                    0000101100
44::bit(3)                     100
cast(-44 as bit(12))           111111010100
'1110'::bit(4)::integer        14
```

Заметьте, что приведение к типу «bit» без длины будет означать приведение к `bit(1)` и в результате будет получен только один самый младший бит числа.

9.7. Поиск по шаблону

PostgreSQL предлагает три разных способа поиска текста по шаблону: традиционный оператор `LIKE` языка SQL, более современный `SIMILAR TO` (добавленный в SQL:1999) и регулярные выражения в стиле POSIX. Помимо простых операторов, отвечающих на вопрос «соответствует ли строка этому шаблону?», в PostgreSQL есть функции для извлечения или замены соответствующих подстрок и для разделения строки по заданному шаблону.

> ### Подсказка
>
> Если этих встроенных возможностей оказывается недостаточно, вы можете написать собственные функции на языке Perl или Tcl.

> ### Внимание
>
> Хотя чаще всего поиск по регулярному выражению бывает очень быстрым, регулярные выражения бывают и настолько сложными, что их обработка может занять приличное время и объём памяти. Поэтому опасайтесь шаблонов регулярных выражений, поступающих из недоверенных источников. Если у вас нет другого выхода, рекомендуется ввести тайм-аут для операторов.
>
> Поиск с шаблонами `SIMILAR TO` несёт те же риски безопасности, так как конструкция `SIMILAR TO` предоставляет во многом те же возможности, что и регулярные выражения в стиле POSIX.
>
> Поиск с `LIKE` гораздо проще, чем два другие варианта, поэтому его безопаснее использовать с недоверенными источниками шаблонов поиска.

Все три вида операторов поиска по шаблону не поддерживают недетерминированные правила сортировки. В случае необходимости это ограничение можно обойти, применив к выражению другое правило сортировки.

9.7.1. LIKE

```
строка LIKE шаблон [ESCAPE спецсимвол]
строка NOT LIKE шаблон [ESCAPE спецсимвол]
```

Выражение `LIKE` возвращает true, если *строка* соответствует заданному *шаблону*. (Как можно было ожидать, выражение `NOT LIKE` возвращает false, когда `LIKE` возвращает true, и наоборот. Этому выражению равносильно выражение `NOT (строка LIKE шаблон)`.)

Если *шаблон* не содержит знаков процента и подчёркиваний, тогда шаблон представляет в точности строку и `LIKE` работает как оператор сравнения. Подчёркивание (_) в *шаблоне* подменяет (вместо него подходит) любой символ; а знак процента (`%`) подменяет любую (в том числе и пустую) последовательность символов.

Несколько примеров:

```
'abc' LIKE 'abc'    true
'abc' LIKE 'a%'     true
'abc' LIKE '_b_'    true
'abc' LIKE 'c'      false
```

При проверке по шаблону `LIKE` всегда рассматривается вся строка. Поэтому, если нужно найти последовательность символов где-то в середине строки, шаблон должен начинаться и заканчиваться знаками процента.

Чтобы найти в строке буквальное вхождение знака процента или подчёркивания, перед соответствующим символом в *шаблоне* нужно добавить спецсимвол. По умолчанию в качестве спецсимвола выбрана обратная косая черта, но с помощью предложения `ESCAPE` можно выбрать и другой. Чтобы включить спецсимвол в шаблон поиска, продублируйте его.

> **Примечание**
>
> Если параметр standard_conforming_strings выключен, каждый символ обратной косой черты, записываемый в текстовой константе, нужно дублировать. Подробнее это описано в Подразделе 4.1.2.1.

Также можно отказаться от спецсимвола, написав `ESCAPE ''`. При этом механизм спецпоследовательностей фактически отключается и использовать знаки процента и подчёркивания буквально в шаблоне нельзя.

Согласно стандарту SQL, отсутствие указания `ESCAPE` означает, что спецсимвол не определён (то есть спецсимволом не будет обратная косая черта), а пустое значение в `ESCAPE` не допускается. Таким образом, в этом поведение PostgreSQL несколько отличается от оговорённого в стандарте.

Вместо `LIKE` можно использовать ключевое слово `ILIKE`, чтобы поиск был регистр-независимым с учётом текущей языковой среды. Этот оператор не описан в стандарте SQL; это расширение PostgreSQL.

Кроме того, в PostgreSQL есть оператор `~~`, равнозначный `LIKE`, и `~~*`, соответствующий `ILIKE`. Есть также два оператора `!~~` и `!~~*`, представляющие `NOT LIKE` и `NOT ILIKE`, соответственно. Все эти операторы относятся к особенностям PostgreSQL. Вы можете увидеть их, например, в выводе команды `EXPLAIN`, так как при разборе запроса проверка `LIKE` и подобные заменяются ими.

Фразы `LIKE`, `ILIKE`, `NOT LIKE` и `NOT ILIKE` в синтаксисе PostgreSQL обычно обрабатываются как операторы; например, их можно использовать в конструкциях *выражение оператор* ANY (*подвыражение*), хотя предложение `ESCAPE` здесь добавить нельзя. В некоторых особых случаях всё же может потребоваться использовать вместо них нижележащие операторы.

Также обратите внимание на оператор проверки префикса `^@` и соответствующую функцию `starts_with`, которые полезны в случаях, когда нужно произвести сопоставление только с началом строки.

9.7.2. Регулярные выражения SIMILAR TO

```
строка SIMILAR TO шаблон [ESCAPE спецсимвол]
строка NOT SIMILAR TO шаблон [ESCAPE спецсимвол]
```

Оператор `SIMILAR TO` возвращает true или false в зависимости от того, соответствует ли данная строка шаблону или нет. Он работает подобно оператору `LIKE`, только его шаблоны соответствуют определению регулярных выражений в стандарте SQL. Регулярные выражения SQL представляют собой любопытный гибрид синтаксиса `LIKE` с синтаксисом обычных регулярных выражений (POSIX).

Как и `LIKE`, условие `SIMILAR TO` истинно, только если шаблон соответствует всей строке; это отличается от условий с регулярными выражениями, в которых шаблон может соответствовать любой части строки. Также подобно `LIKE`, `SIMILAR TO` воспринимает символы `_` и `%` как знаки подстановки, подменяющие любой один символ или любую подстроку, соответственно (в регулярных выражениях POSIX им аналогичны символы `.` и `.*`).

Помимо средств описания шаблонов, позаимствованных от `LIKE`, `SIMILAR TO` поддерживает следующие метасимволы, унаследованные от регулярных выражений POSIX:

- `|` означает выбор (одного из двух вариантов).
- `*` означает повторение предыдущего элемента 0 и более раз.
- `+` означает повторение предыдущего элемента 1 и более раз.
- `?` означает вхождение предыдущего элемента 0 или 1 раз.
- `{m}` означает повторяет предыдущего элемента ровно *m* раз.

- `{m,}` означает повторение предыдущего элемента *m* или более раз.
- `{m,n}` означает повторение предыдущего элемента не менее чем *m* и не более чем *n* раз.
- Скобки `()` объединяют несколько элементов в одну логическую группу.
- Квадратные скобки `[...]` обозначают класс символов так же, как и в регулярных выражениях POSIX.

Обратите внимание, точка (`.`) не является метасимволом для оператора `SIMILAR TO`.

Как и с `LIKE`, обратная косая черта отменяет специальное значение любого из этих метасимволов. Предложение `ESCAPE` позволяет выбрать другой спецсимвол, а запись `ESCAPE ''` — отказаться от использования спецсимвола.

Согласно стандарту SQL, отсутствие указания `ESCAPE` означает, что спецсимвол не определён (то есть спецсимволом не будет обратная косая черта), а пустое значение в `ESCAPE` не допускается. Таким образом, в этом поведение PostgreSQL несколько отличается от оговорённого в стандарте.

Ещё одно отклонение от стандарта состоит в том, что следующая за спецсимволом буква или цифра открывает возможности спецпоследовательностей, определённых для регулярных выражений POSIX; см. Таблицу 9.20, Таблицу 9.21 и Таблицу 9.22.

Несколько примеров:

```
'abc' SIMILAR TO 'abc'          true
'abc' SIMILAR TO 'a'            false
'abc' SIMILAR TO '%(b|d)%'      true
'abc' SIMILAR TO '(b|c)%'       false
'-abc-' SIMILAR TO '%\mabc\M%'  true
'xabcy' SIMILAR TO '%\mabc\M%'  false
```

Функция `substring` с тремя параметрами производит извлечение подстроки, соответствующей шаблону регулярного выражения SQL. Эту функцию можно вызвать в синтаксисе, соответствующем SQL99:

```
substring(строка from шаблон for спецсимвол)
```

или в виде обычной функции с тремя аргументами:

```
substring(строка, шаблон, спецсимвол)
```

Как и с `SIMILAR TO`, указанному шаблону должна соответствовать вся строка; в противном случае функция не найдёт ничего и вернёт NULL. Для выделения в шаблоне границ подстроки, которая представляет интерес в соответствующей этому шаблону входной строке, шаблон может содержать два спецсимвола с кавычками (`"`) после каждого. В случае успешного обнаружения шаблона эта функция возвращает часть строки, заключённую между этими разделителями.

Разделители «спецсимвол+кавычки» фактически разделяют шаблон `substring` на три независимых регулярных выражения, так что, например, вертикальная черта (`|`) в любой из этих трёх частей действует только в рамках этой части. Кроме того, в случае неоднозначности в выборе подстрок, соответствующих этим частям, первое и третье регулярные выражения считаются захватывающими наименьшие возможные подстроки. (На языке POSIX можно сказать, что первое и третье регулярные выражения — «нежадные».)

В качестве расширения стандарта SQL в PostgreSQL допускается указание только одного разделителя, в этом случае третье регулярное выражение считается пустым; также разделители могут отсутствовать вовсе, в этом случае пустыми считаются первое и третье регулярные выражения.

Несколько примеров с маркерами `#"`, выделяющими возвращаемую строку:

```
substring('foobar' from '%#"o_b#"%' for '#')   oob
substring('foobar' from '#"o_b#"%' for '#')    NULL
```

9.7.3. Регулярные выражения POSIX

В Таблице 9.16 перечислены все существующие операторы для проверки строк регулярными выражениями POSIX.

Таблица 9.16. Операторы регулярных выражений

Оператор Описание Пример(ы)

`text ~ text → boolean`
Проверка соответствия строки регулярному выражению с учётом регистра
`'thomas' ~ 't.*ma'` → `t`

`text ~* text → boolean`
Проверка соответствия строки регулярному выражению без учёта регистра
`'thomas' ~* 'T.*ma'` → `t`

`text !~ text → boolean`
Проверка несоответствия строки регулярному выражению с учётом регистра
`'thomas' !~ 't.*max'` → `t`

`text !~* text → boolean`
Проверка несоответствия строки регулярному выражению без учёта регистра
`'thomas' !~* 'T.*ma'` → `f`

Регулярные выражения POSIX предоставляют более мощные средства поиска по шаблонам, чем операторы `LIKE` и `SIMILAR TO`. Во многих командах Unix, таких как `egrep`, `sed` и `awk` используется язык шаблонов, похожий на описанный здесь.

Регулярное выражение — это последовательность символов, представляющая собой краткое определение набора строк (*регулярное множество*). Строка считается соответствующей регулярному выражению, если она является членом регулярного множества, описываемого регулярным выражением. Как и для `LIKE`, символы шаблона непосредственно соответствуют символам строки, за исключением специальных символов языка регулярных выражений. При этом спецсимволы регулярных выражений отличается от спецсимволов `LIKE`. В отличие от шаблонов `LIKE`, регулярное выражение может совпадать с любой частью строки, если только оно не привязано явно к началу и/или концу строки.

Несколько примеров:

```
'abcd' ~ 'bc'     true
'abcd' ~ 'a.c'    true — точке соответствует любой символ
'abcd' ~ 'a.*d'   true — * обозначает повторение предыдущего элемента шаблона
'abcd' ~ '(b|x)'  true — | означает ИЛИ для группы в скобках
'abcd' ~ '^a'     true — ^ привязывает шаблон к началу строки
'abcd' ~ '^(b|c)' false — совпадение не найдено по причине привязки к началу
```

Более подробно язык шаблонов в стиле POSIX описан ниже.

Функция `substring` с двумя параметрами, `substring(`*строка* `from` *шаблон*`)`, извлекает подстроку, соответствующую шаблону регулярного выражения POSIX. Она возвращает первый фрагмент текста, подходящий шаблону, если таковой находится в строке, либо NULL в противном случае. Но если шаблон содержит скобки, она возвращает первое подвыражение, заключённое в скобки (то, которое начинается с самой первой открывающей скобки). Если вы хотите использовать скобки, но не в таком особом режиме, можно просто заключить в них всё выражение. Если же вам нужно включить скобки в шаблон до подвыражения, которое вы хотите извлечь, это можно сделать, используя группы без захвата, которые будут описаны ниже.

Несколько примеров:

```
substring('foobar' from 'o.b')     oob
```

```
substring('foobar' from 'o(.)b')    o
```

Функция `regexp_replace` подставляет другой текст вместо подстрок, соответствующих шаблонам регулярных выражений POSIX. Она имеет синтаксис `regexp_replace`(*исходная_строка*, *шаблон*, *замена* [, *флаги*]). Если *исходная_строка* не содержит фрагмента, подходящего под *шаблон*, она возвращается неизменной. Если же соответствие находится, возвращается *исходная_строка*, в которой вместо соответствующего фрагмента подставляется *замена*. Строка *замена* может содержать `\`*n*, где *n* — число от 1 до 9, указывающее на исходный фрагмент, соответствующий *n*-ому подвыражению в скобках, и может содержать обозначение `\&`, указывающее, что будет вставлен фрагмент, соответствующий всему шаблону. Если же в текст замены нужно включить обратную косую черту буквально, следует написать `\\`. В необязательном параметре *флаги* передаётся текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Флаг `i` включает поиск без учёта регистра, а флаг `g` указывает, что заменяться должны все подходящие подстроки, а не только первая из них. Допустимые флаги (кроме `g`) описаны в Таблице 9.24.

Несколько примеров:

```
regexp_replace('foobarbaz', 'b..', 'X')
                                   fooXbaz
regexp_replace('foobarbaz', 'b..', 'X', 'g')
                                   fooXX
regexp_replace('foobarbaz', 'b(..)', 'X\1Y', 'g')
                                   fooXarYXazY
```

Функция `regexp_match` возвращает текстовый массив из всех подходящих подстрок, полученных из первого вхождения шаблона регулярного выражения POSIX в строке. Она имеет синтаксис `regexp_match`(*строка*, *шаблон* [, *флаги*]). Если вхождение не находится, результатом будет `NULL`. Если вхождение находится и *шаблон* не содержит подвыражений в скобках, результатом будет текстовый массив с одним элементом, содержащим подстроку, соответствующую всему шаблону. Если вхождение находится и *шаблон* содержит подвыражения в скобках, результатом будет текстовый массив, в котором *n*-ым элементом будет *n*-ое заключённое в скобки подвыражение *шаблона* (не считая «незахватывающих» скобок; подробнее см. ниже). В параметре *флаги* передаётся необязательная текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Допустимые флаги описаны в Таблице 9.24.

Некоторые примеры:

```
SELECT regexp_match('foobarbequebaz', 'bar.*que');
 regexp_match
--------------
 {barbeque}
(1 row)

SELECT regexp_match('foobarbequebaz', '(bar)(beque)');
 regexp_match
--------------
 {bar,beque}
(1 row)
```

В общем случае просто получить всю найденную подстроку или `NULL`, если нет соответствия, можно примерно так:

```
SELECT (regexp_match('foobarbequebaz', 'bar.*que'))[1];
 regexp_match
--------------
 barbeque
(1 row)
```

Функция `regexp_matches` возвращает набор текстовых массивов со всеми подходящими подстроками, полученными в результате применения регулярного выражения POSIX к строке. Она имеет тот же синтаксис, что и `regexp_match`. Эта функция не возвращает никаких строк, если вхождений нет; возвращает одну строку, если найдено одно вхождение и не передан флаг `g`, или *N* строк, если найдено *N* вхождений и передан флаг `g`. Каждая возвращаемая строка представляет собой текстовый массив, содержащий всю найденную подстроку или подстроки, соответствующие заключённым в скобки подвыражениям *шаблона*, как и описанный выше результат `regexp_match`. Функция `regexp_matches` принимает все флаги, показанные в Таблице 9.24, а также флаг `g`, указывающий ей выдать все вхождения, а не только первое.

Несколько примеров:

```
SELECT regexp_matches('foo', 'not there');
 regexp_matches
----------------
(0 rows)

SELECT regexp_matches('foobarbequebazilbarfbonk', '(b[^b]+)(b[^b]+)', 'g');
 regexp_matches
----------------
 {bar,beque}
 {bazil,barf}
(2 rows)
```

Подсказка

В большинстве случаев `regexp_matches()` должна применяться с флагом `g`, так как если вас интересует только первое вхождение, проще и эффективнее использовать функцию `regexp_match()`. Однако `regexp_match()` существует только в PostgreSQL версии 10 и выше. В старых версиях обычно помещали вызов `regexp_matches()` во вложенный SELECT, например, так:

```
SELECT col1, (SELECT regexp_matches(col2, '(bar)(beque)')) FROM tab;
```

В результате выдаётся текстовый массив, если вхождение найдено, или `NULL` в противном случае, так же как с `regexp_match()`. Без вложенного SELECT этот запрос не возвращает никакие строки, если соответствие не находится, а это обычно не то, что нужно.

Функция `regexp_split_to_table` разделяет строку, используя в качестве разделителя шаблон регулярного выражения POSIX. Она имеет синтаксис `regexp_split_to_table(`*строка*, *шаблон* [, *флаги*]). Если *шаблон* не находится в переданной строке, возвращается вся *строка* целиком. Если находится минимум одно вхождение, для каждого такого вхождения возвращается текст от конца предыдущего вхождения (или начала строки) до начала вхождения. После последнего найденного вхождения возвращается фрагмент от его конца до конца строки. В необязательном параметре *флаги* передаётся текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Флаги, которые поддерживает `regexp_split_to_table`, описаны в Таблице 9.24.

Функция `regexp_split_to_array` ведёт себя подобно `regexp_split_to_table`, за исключением того, что `regexp_split_to_array` возвращает результат в массиве элементов типа `text`. Она имеет синтаксис `regexp_split_to_array(`*строка*, *шаблон* [, *флаги*]). Параметры у этой функции те же, что и у `regexp_split_to_table`.

Несколько примеров:

```
SELECT foo FROM regexp_split_to_table('the quick brown fox jumps over the lazy dog',
 '\s+') AS foo;
  foo
-------
 the
```

```
 quick
 brown
 fox
 jumps
 over
 the
 lazy
 dog
(9 rows)

SELECT regexp_split_to_array('the quick brown fox jumps over the lazy dog', '\s+');
              regexp_split_to_array
-----------------------------------------------
 {the,quick,brown,fox,jumps,over,the,lazy,dog}
(1 row)

SELECT foo FROM regexp_split_to_table('the quick brown fox', '\s*') AS foo;
 foo
-----
 t
 h
 e
 q
 u
 i
 c
 k
 b
 r
 o
 w
 n
 f
 o
 x
(16 rows)
```

Как показывает последний пример, функции разделения по регулярным выражениям игнорируют вхождения нулевой длины, идущие в начале и в конце строки, а также непосредственно за предыдущим вхождением. Это поведение противоречит строгому определению поиска по регулярным выражениям, который реализуют функции `regexp_match` и `regexp_matches`, но обычно более удобно на практике. Подобное поведение наблюдается и в других программных средах, например в Perl.

9.7.3.1. Подробное описание регулярных выражений

Регулярные выражения в PostgreSQL реализованы с использованием программного пакета, который разработал Генри Спенсер (Henry Spencer). Практически всё следующее описание регулярных выражений дословно скопировано из его руководства.

Регулярное выражение (Regular expression, RE), согласно определению в POSIX 1003.2, может иметь две формы: *расширенное* RE или ERE (грубо говоря, это выражения, которые понимает `egrep`) и *простое* RE или BRE (грубо говоря, это выражения для `ed`). PostgreSQL поддерживает обе формы, а кроме того реализует некоторые расширения, не предусмотренные стандартом POSIX, но широко используемые вследствие их доступности в некоторых языках программирования, например в Perl и Tcl. Регулярные выражения, использующие эти несовместимые с POSIX расширения, здесь называются *усовершенствованными* RE или ARE. ARE практически представляют собой надмножество ERE, тогда как BRE отличаются некоторой несовместимостью в записи (помимо того, что они гораздо более ограничены). Сначала мы опишем формы ARE и ERE, отметив особенности, присущие только ARE, а затем расскажем, чем от них отличаются BRE.

> **Примечание**
>
> PostgreSQL изначально всегда предполагает, что регулярное выражение следует правилам ARE. Однако можно переключиться на более ограниченные правила ERE или BRE, добавив в шаблон RE *встроенный параметр*, как описано в Подразделе 9.7.3.4. Это может быть полезно для совместимости с приложениями, ожидающими от СУБД строгого следования правилам POSIX 1003.2.

Регулярное выражение определяется как одна или более *ветвей*, разделённых символами `|`. Оно считается соответствующим всему, что соответствует одной из этих ветвей.

Ветвь — это ноль или несколько *количественных атомов* или *ограничений*, соединённых вместе. Соответствие ветви в целом образуется из соответствия первой части, за которым следует соответствие второй части и т. д.; пустой ветви соответствует пустая строка.

Количественный атом — это *атом*, за которым может следовать *определитель количества*. Без этого определителя ему соответствует одно вхождение атома. С определителем количества ему может соответствовать некоторое число вхождений этого атома. Все возможные *атомы* перечислены в Таблице 9.17. Варианты определителей количества и их значения перечислены в Таблице 9.18.

Ограничению соответствует пустая строка, но это соответствие возможно только при выполнении определённых условий. Ограничения могут использоваться там же, где и атомы, за исключением того, что их нельзя дополнять определителями количества. Простые ограничения показаны в Таблице 9.19; некоторые дополнительные ограничения описаны ниже.

Таблица 9.17. Атомы регулярных выражений

Атом	Описание
`(` *`re`*`)`	(где *re* — любое регулярное выражение) описывает соответствие *re*, при этом данное соответствие захватывается для последующей обработки
`(?:` *`re`*`)`	подобно предыдущему, но соответствие не захватывается (т. е. это набор скобок «без захвата») (применимо только к ARE)
`.`	соответствует любому символу
`[`*`символы`*`]`	*выражение в квадратных скобках*, соответствует любому из *символов* (подробнее это описано в Подразделе 9.7.3.2)
`\`*`k`*	(где *k* — не алфавитно-цифровой символ) соответствует обычному символу буквально, т. е. `\\` соответствует обратной косой черте
`\`*`c`*	где *c* — алфавитно-цифровой символ (за которым могут следовать другие символы), это *спецсимвол*, см. Подраздел 9.7.3.3 (применим только к ARE; в ERE и BRE этому атому соответствует *c*)
`{`	когда за этим символом следует любой символ, кроме цифры, этот атом соответствует левой фигурной скобке (`{`), если же за ним следует цифра, это обозначает начало *границы* (см. ниже)
`x`	(где *x* — один символ, не имеющий специального значения) соответствует этому символу

Выражение RE не может заканчиваться обратной косой чертой (`\`).

> **Примечание**
>
> Если параметр standard_conforming_strings выключен, каждый символ обратной косой черты, записываемый в текстовой константе, нужно дублировать. Подробнее это описано в Подразделе 4.1.2.1.

Таблица 9.18. Определители количества в регулярных выражениях

Определитель	**Соответствует**
`*`	0 или более вхождений атома
`+`	1 или более вхождений атома
`?`	0 или 1 вхождение атома
`{`*m*`}`	ровно *m* вхождений атома
`{`*m*`,}`	*m* или более вхождений атома
`{`*m*`,` *n*`}`	от *m* до *n* (включая границы) вхождений атома; *m* не может быть больше *n*
`*?`	нежадная версия `*`
`+?`	нежадная версия `+`
`??`	нежадная версия `?`
`{`*m*`}?`	нежадная версия `{`*m*`}`
`{`*m*`,}?`	нежадная версия `{`*m*`,}`
`{`*m*`,` *n*`}?`	нежадная версия `{`*m*`,` *n*`}`

В формах с `{...}` числа *m* и *n* определяют так называемые *границы* количества. Эти числа должны быть беззнаковыми десятичными целыми в диапазоне от 0 до 255 включительно.

Не жадные определители (допустимые только в ARE) описывают те же возможные соответствия, что и аналогичные им обычные («*жадные*»), но предпочитают выбирать наименьшее, а не наибольшее количество вхождений. Подробнее это описано в Подразделе 9.7.3.5.

> **Примечание**
>
> Определители количества не могут следовать один за другим, например запись `**` будет ошибочной. Кроме того, определители не могут стоять в начале выражения или подвыражения и идти сразу после `^` или `|`.

Таблица 9.19. Ограничения в регулярных выражениях

Ограничение	**Описание**
`^`	соответствует началу строки
`$`	соответствует концу строки
`(?=` *re*`)`	*позитивный просмотр вперёд* находит соответствие там, где начинается подстрока, соответствующая *re* (только для ARE)
`(?!` *re*`)`	*негативный просмотр вперёд* находит соответствие там, где не начинается подстрока, соответствующая *re* (только для ARE)

Ограничение	Описание
`(?<= re)`	*позитивный просмотр назад* находит соответствие там, где заканчивается подстрока, соответствующая *re* (только для ARE)
`(?<! re)`	*негативный просмотр назад* находит соответствие там, где не заканчивается подстрока, соответствующая *re* (только для ARE)

Ограничения просмотра вперёд и назад не могут содержать *ссылки назад* (см. Подраздел 9.7.3.3), и все скобки в них считаются «скобками без захвата».

9.7.3.2. Выражения в квадратных скобках

Выражение в квадратных скобках содержит список символов, заключённый в `[]`. Обычно ему соответствует любой символ из списка (об исключении написано ниже). Если список начинается с `^`, ему соответствует любой символ, который *не* перечисляется далее в этом списке. Если два символа в списке разделяются знаком `-`, это воспринимается как краткая запись полного интервала символов между двумя заданными (и включая их) в порядке сортировки; например выражению `[0-9]` в ASCII соответствует любая десятичная цифра. Два интервала не могут разделять одну границу, т. е. выражение `a-c-e` недопустимо. Интервалы зависят от порядка сортировки, который может меняться, поэтому в переносимых программах их лучше не использовать.

Чтобы включить в список `]`, этот символ нужно написать первым (сразу за `^`, если он присутствует). Чтобы включить в список символ `-`, его нужно написать первым или последним, либо как вторую границу интервала. Указать `-` в качестве первой границы интервал можно, заключив его между `[.` и `.]`, чтобы он стал элементом сортировки (см. ниже). За исключением этих символов, некоторых комбинаций с `[` (см. следующие абзацы) и спецсимволов (в ARE), все остальные специальные символы в квадратных скобках теряют своё особое значение. В частности, символ `\` по правилам ERE или BRE воспринимается как обычный, хотя в ARE он экранирует символ, следующий за ним.

Выражения в квадратных скобках могут содержать элемент сортировки (символ или последовательность символов или имя такой последовательности), определение которого заключается между `[.` и `.]`. Определяющая его последовательность воспринимается в выражении в скобках как один элемент. Это позволяет включать в такие выражения элементы, соответствующие последовательности нескольких символов. Например, с элементом сортировки `ch` в квадратных скобках регулярному выражению `[[.ch.]]*c` будут соответствовать первые пять символов строки `chchcc`.

> **Примечание**
>
> В настоящее время PostgreSQL не поддерживает элементы сортировки, состоящие из нескольких символов. Эта информация относится к возможному в будущем поведению.

В квадратных скобках могут содержаться элементы сортировки, заключённые между `[=` и `=]`, обозначающие *классы эквивалентности*, т. е. последовательности символов из всех элементов сортировки, эквивалентных указанному, включая его самого. (Если для этого символа нет эквивалентных, он обрабатывается как заключённый между `[.` и `.]`.) Например, если `e` и `ё` — члены одного класса эквивалентности, выражения `[[=e=]]`, `[[=ё=]]` и `[eё]` будут равнозначными. Класс эквивалентности нельзя указать в качестве границы интервала.

В квадратных скобках может также задаваться имя класса символов, заключённое между `[:` и `:]`, которое обозначает множество всех символов, принадлежащих этому классу. Класс символов не может представлять границу интервала. В стандарте POSIX определены следующие имена классов: `alnum` (буквы и цифры), `alpha` (буквы), `blank` (пробел и табуляция), `cntrl` (управляющие символы), `digit` (десятичные цифры), `graph` (печатаемые символы, кроме пробела), `lower` (буквы в нижнем регистре), `print` (печатаемые символы, включая пробел), `punct` (знаки пунктуации), `space` (любые пробельные символы), `upper` (буквы в верхнем регистре) и `xdigit` (шестнадцатеричные цифры). На согласованное поведение этих стандартных классов символов на разных платформах можно рассчитывать в рамках 7-битного набора ASCII. Будет ли определённый не ASCII-символ считаться принадлежащим одному из этих классов, зависит от правила сортировки, используемого оператором или функцией регулярных выражений (см. Раздел 23.2). По умолчанию это правило определяется свойством LC_CTYPE базы данных (см. Раздел 23.1). Классификация не ASCII-символов может меняться от платформы к платформе даже при выборе локалей с похожими названиями. (Но локаль C никогда не относит не ASCII-символы ни к одному из этих классов.) Помимо этих стандартных классов символов, в PostgreSQL определён класс символов ascii, который содержит все 7-битные символы ASCII, но не какие-либо другие.

Есть два особых вида выражений в квадратных скобках: выражения [[:<:]] и [[:>:]], представляющие собой ограничения, соответствующие пустым строкам в начале и конце слова. Слово в данном контексте определяется как последовательность словосоставляющих символов, перед или после которой нет словосоставляющих символов. Словосоставляющий символ — это символ класса alnum (определённого как упомянутый выше класс символов POSIX) или подчёркивание. Это расширение совместимо со стандартом POSIX 1003.2, но не описано в нём, и поэтому его следует использовать с осторожностью там, где важна совместимость с другими системами. Обычно лучше использовать ограничивающие спецсимволы, описанные ниже; они также не совсем стандартны, но набрать их легче.

9.7.3.3. Спецсимволы регулярных выражений

Спецсимволы — это специальные команды, состоящие из \ и последующего алфавитно-цифрового символа. Можно выделить следующие категории спецсимволов: обозначения символов, коды классов, ограничения и ссылки назад. Символ \, за которым идёт алфавитно-цифровой символ, не образующий допустимый спецсимвол, считается ошибочным в ARE. В ERE спецсимволов нет: вне квадратных скобок пара из \ и последующего алфавитно-цифрового символа, воспринимается просто как данный символ, а в квадратных скобках и сам символ \ воспринимается просто как обратная косая черта. (Последнее на самом деле нарушает совместимость между ERE и ARE.)

Спецобозначения символов введены для того, чтобы облегчить ввод в RE непечатаемых и других неудобных символов. Они приведены в Таблице 9.20.

Коды классов представляют собой краткий способ записи имён некоторых распространённых классов символов. Они перечислены в Таблице 9.21.

Спецсимволы ограничений обозначают ограничения, которым при совпадении определённых условий соответствует пустая строка. Они перечислены в Таблице 9.22.

Ссылка назад (*n*) соответствует той же строке, какой соответствовало предыдущее подвыражение в скобках под номером *n* (см. Таблицу 9.23). Например, ([bc])\1 соответствует bb или cc, но не bc или cb. Это подвыражение должно полностью предшествовать ссылке назад в RE. Нумеруются подвыражения в порядке следования их открывающих скобок. При этом скобки без захвата исключаются из рассмотрения.

Таблица 9.20. Спецобозначения символов в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
\a	символ звонка, как в C
\b	символ «забой», как в C
\B	синоним для обратной косой черты (\), сокращающий потребность в дублировании этого символа
\c*X*	(где *X* — любой символ) символ, младшие 5 бит которого те же, что и у *X*, а остальные равны 0
\e	символ, определённый в последовательности сортировки с именем ESC, либо, если таковой

Спецсимвол	Описание
	не определён, символ с восьмеричным значением 033
\f	подача формы, как в C
\n	новая строка, как в C
\r	возврат каретки, как в C
\t	горизонтальная табуляция, как в C
\u*wxyz*	(где *wxyz* ровно четыре шестнадцатеричные цифры) символ с шестнадцатеричным кодом 0x*wxyz*
\U*stuvwxyz*	(где *stuvwxyz* ровно восемь шестнадцатеричных цифр) символ с шестнадцатеричным кодом 0x*stuvwxyz*
\v	вертикальная табуляция, как в C
\x*hhh*	(где *hhh* — несколько шестнадцатеричных цифр) символ с шестнадцатеричным кодом 0x*hhh* (символ всегда один вне зависимости от числа шестнадцатеричных цифр)
\0	символ с кодом 0 (нулевой байт)
xy	(где *xy* — ровно две восьмеричных цифры, не *ссылка назад*) символ с восьмеричным кодом 0*xy*
xyz	(где *xyz* — ровно три восьмеричных цифры, не *ссылка назад*) символ с восьмеричным кодом 0*xyz*

Шестнадцатеричные цифры записываются символами 0-9 и a-f или A-F. Восьмеричные цифры — цифры от 0 до 7.

Спецпоследовательности с числовыми кодами, задающими значения вне диапазона ASCII (0–127), воспринимаются по-разному в зависимости от кодировки базы данных. Когда база данных имеет кодировку UTF-8, спецкод равнозначен позиции символа в Unicode, например, \u1234 обозначает символ U+1234. Для других многобайтных кодировок спецпоследовательности обычно просто задают серию байт, определяющих символ. Если в кодировке базы данных отсутствует символ, заданный спецпоследовательностью, ошибки не будет, но и никакие данные не будут ей соответствовать.

Символы, переданные спецобозначением, всегда воспринимаются как обычные символы. Например, \135 кодирует] в ASCII, но спецпоследовательность \135 не будет закрывать выражение в квадратных скобках.

Таблица 9.21. Спецкоды классов в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
\d	[[:digit:]]
\s	[[:space:]]
\w	[[:alnum:]_] (подчёркивание также включается)
\D	[^[:digit:]]
\S	[^[:space:]]
\W	[^[:alnum:]_] (подчёркивание также включается)

В выражениях в квадратных скобках спецсимволы `\d`, `\s` и `\w` теряют свои внешние квадратные скобки, а `\D`, `\S` и `\W` — недопустимы. (Так что, например запись `[a-c\d]` равнозначна `[a-c[:digit:]]`. А запись `[a-c\D]`, которая была бы равнозначна `[a-c^[:digit:]]`, — недопустима.)

Таблица 9.22. Спецсимволы ограничений в регулярных выражений

Спецсимвол	Описание
`\A`	соответствует только началу строки (чем это отличается от `^`, описано в Подразделе 9.7.3.5)
`\m`	соответствует только началу слова
`\M`	соответствует только концу слова
`\y`	соответствует только началу или концу слова
`\Y`	соответствует только положению не в начале и не в конце слова
`\Z`	соответствует только концу строки (чем это отличается от `$`, описано в Подразделе 9.7.3.5)

Определением слова здесь служит то же, что было приведено выше в описании `[[:<:]]` и `[[:>:]]`. В квадратных скобках спецсимволы ограничений не допускаются.

Таблица 9.23. Ссылки назад в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
`\`*m*	(где *m* — цифра, отличная от 0) — ссылка назад на подвыражение под номером *m*
`\`*mnn*	(где *m* — цифра, отличная от 0, а *nn* — ещё несколько цифр с десятичным значением *mnn*, не превышающим число закрытых до этого скобок с захватом) ссылка назад на подвыражение под номером *mnn*

Примечание

Регулярным выражениям присуща неоднозначность между восьмеричными кодами символов и ссылками назад, которая разрешается следующим образом (это упоминалось выше). Ведущий ноль всегда считается признаком восьмеричной последовательности. Единственная цифра, отличная от 0, за которой не следует ещё одна цифра, всегда воспринимается как ссылка назад. Последовательность из нескольких цифр, которая начинается не с 0, воспринимается как ссылка назад, если она идёт за подходящим подвыражением (т. е. число оказывается в диапазоне, допустимом для ссылки назад), в противном случае она воспринимается как восьмеричное число.

9.7.3.4. Метасинтаксис регулярных выражений

В дополнение к основному синтаксису, описанному выше, можно использовать также несколько особых форм и разнообразные синтаксические удобства.

Регулярное выражение может начинаться с одного из двух специальных префиксов режима. Если RE начинается с `***:`, его продолжение рассматривается как ARE. (В PostgreSQL это обычно не имеет значения, так как регулярные выражения воспринимаются как ARE по умолчанию; но это может быть полезно, когда параметр *флаги* функций regex включает режим ERE или BRE.) Если RE начинается с `***=`, его продолжение воспринимается как обычная текстовая строка, все его символы воспринимаются буквально.

ARE может начинаться со *встроенных параметров*: последовательности `(?`*xyz*`)` (где *xyz* — один или несколько алфавитно-цифровых символов), определяющих параметры остального регулярного выражения. Эти параметры переопределяют любые ранее определённые параметры, в частности они могут переопределить режим чувствительности к регистру, подразумеваемый для оператора regex, или параметр *флаги* функции regex. Допустимые буквы параметров показаны в Таблице 9.24. Заметьте, что те же буквы используются в параметре *флаги* функций regex.

Таблица 9.24. Буквы встроенных параметров ARE

Параметр	Описание
b	продолжение регулярного выражения — BRE
c	поиск соответствий с учётом регистра (переопределяет тип оператора)
e	продолжение RE — ERE
i	поиск соответствий без учёта регистра (см. Подраздел 9.7.3.5) (переопределяет тип оператора)
m	исторически сложившийся синоним n
n	поиск соответствий с учётом перевода строк (см. Подраздел 9.7.3.5)
p	переводы строк учитываются частично (см. Подраздел 9.7.3.5)
q	продолжение регулярного выражения — обычная строка («в кавычках»), содержимое которой воспринимается буквально
s	поиск соответствий без учёта перевода строк (по умолчанию)
t	компактный синтаксис (по умолчанию; см. ниже)
w	переводы строк учитываются частично, но в другом, «странном» режиме (см. Подраздел 9.7.3.5)
x	развёрнутый синтаксис (см. ниже)

Внедрённые параметры начинают действовать сразу после скобки `)`, завершающей их последовательность. Они могут находиться только в начале ARE (после указания `***:`, если оно присутствует).

Помимо обычного (*компактного*) синтаксиса RE, в котором имеют значение все символы, поддерживается также *развёрнутый* синтаксис, включить который можно с помощью встроенного параметра `x`. В развёрнутом синтаксисе игнорируются пробельные символы, а также все символы от `#` до конца строки (или конца RE). Это позволяет разделять RE на строки и добавлять в него комментарии. Но есть три исключения:

- пробельный символ или `#`, за которым следует `\`, сохраняется
- пробельный символ или `#` внутри выражения в квадратных скобках сохраняется
- пробельные символы и комментарии не могут присутствовать в составных символах, например, в `(?:`

В данном контексте пробельными символами считаются пробел, табуляция, перевод строки и любой другой символ, относящийся к классу символов *space*.

И наконец, в ARE последовательность `(?#ttt)` (где *ttt* — любой текст, не содержащий `)`) вне квадратных скобок также считается комментарием и полностью игнорируется. При этом она так же не может находиться внутри составных символов, таких как `(?:`. Эти комментарии в большей степени историческое наследие, чем полезное средство; они считаются устаревшими, а вместо них рекомендуется использовать развёрнутый синтаксис.

Ни одно из этих расширений метасинтаксиса не будет работать, если выражение начинается с префикса `***=`, после которого строка воспринимается буквально, а не как RE.

9.7.3.5. Правила соответствия регулярным выражениям

В случае, когда RE может соответствовать более чем одной подстроке в заданной строке, соответствующей RE считается подстрока, которая начинается в ней первой. Если к данной позиции подобных соответствующих подстрок оказывается несколько, из них выбирается либо самая длинная, либо самая короткая из возможных, в зависимости от того, какой режим выбран в RE: *жадный* или *не жадный*.

Где жадный или не жадный характер RE определяется по следующим правилам:

- Большинство атомов и все ограничения не имеют признака жадности (так как они всё равно не могут соответствовать подстрокам разного состава).
- Скобки, окружающие RE, не влияют на его «жадность».
- Атом с определителем фиксированного количества (`{m}` или `{m}?`) имеет ту же характеристику жадности (или может не иметь её), как и сам атом.
- Атом с другими обычными определителями количества (включая `{m,n}`, где *m* равняется *n*) считается жадным (предпочитает соответствие максимальной длины).
- Атом с не жадным определителем количества (включая `{m,n}?`, где *m* равно *n*) считается не жадным (предпочитает соответствие минимальной длины).
- Ветвь (RE без оператора `|` на верхнем уровне) имеет ту же характеристику жадности, что и первый количественный атом в нём, имеющий атрибут жадности.
- RE, образованное из двух или более ветвей, соединённых оператором `|`, всегда считается жадным.

Эти правила связывают характеристики жадности не только с отдельными количественными атомами, но и с ветвями и целыми RE, содержащими количественные атомы. Это означает, что при сопоставлении ветвь или целое RE может соответствовать максимально длинной или короткой подстроке *в целом*. Когда определена длина всего соответствия, часть его, соответствующая конкретному подвыражению, определяется с учётом характеристики жадности для этого подвыражения, при этом подвыражения, начинающиеся в RE раньше, имеют больший приоритет, чем следующие за ними.

Это иллюстрирует следующий пример:

```
SELECT SUBSTRING('XY1234Z', 'Y*([0-9]{1,3})');
Результат: 123
SELECT SUBSTRING('XY1234Z', 'Y*?([0-9]{1,3})');
Результат: 1
```

В первом случае RE в целом жадное, так как жадным является атом `Y*`. Соответствие ему начинается с буквы `Y` и оно включает подстроку максимальной длины с этого места, т. е. подстроку `Y123`. Результат выражения — её часть, соответствующая подвыражению в скобках, т. е. `123`. Во втором случае, RE в целом наследует не жадный характер от атома `Y*?`. Соответствие ему так же начинается с `Y`, но включает оно подстроку минимальной длины с этого места, т. е. `Y1`. И хотя подвыражение `[0-9]{1,3}` имеет жадный характер, оно не может повлиять на выбор длины соответствия в целом, поэтому ему остаётся только подстрока `1`.

Другими словами, когда RE содержит и жадные, и не жадные подвыражения, всё соответствие будет максимально длинным или коротким в зависимости от характеристики всего RE. Характеристики, связанные с подвыражениями, влияют только на то, какую часть подстроки может «поглотить» одно подвыражение относительно другого.

Чтобы явно придать характеристику «жадности» или «нежадности» подвыражению или всему RE, можно использовать определители `{1,1}` и `{1,1}?`, соответственно. Это полезно, когда вам нужно, чтобы общая характеристика жадности RE отличалась от той, что вытекает из его элементов. Например, предположим, что вы пытаетесь выделить из строки, содержащей несколько цифр, эти цифры и части до и после них. Можно попытаться сделать это так:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(.*)(\d+)(.*)');
Результат: {abc0123,4,xyz}
```

Но это не будет работать: первая группа `.*` — «жадная», она «съест» всё, что сможет, оставляя для соответствия `\d+` только последнюю возможность, то есть последнюю цифру. Можно попытаться сделать запрос «нежадным»:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(.*?)(\d+)(.*)');
Результат: {abc,0,""}
```

И это не будет работать, так теперь весь RE в целом стал нежадным, и все соответствия завершаются как можно раньше. Но мы можем получить нужный результат, явно сделав жадным всё RE:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(?:(.*?)(\d+)(.*)){1,1}');
Результат: {abc,01234,xyz}
```

Управление общей характеристикой «жадности» RE независимо от «жадности» его компонентов даёт большую гибкость в описании шаблонов переменной длины.

При определении более длинного или более короткого соответствия длины соответствий определяются в символах, а не в элементах сортировки. Пустая строка считается длиннее, чем отсутствие соответствия. Например, выражению `bb*` соответствуют три символа в середине строки `abbbc`, выражению `(week|wee)(night|knights)` — все десять символов `weeknights`; когда выражение `(.*).*` сопоставляется со строкой `abc`, подвыражению в скобках соответствуют все три символа; а когда `(a*)*` сопоставляется со строкой `bc`, то и RE в целом, и подстроке в скобках соответствует пустая строка.

Игнорирование регистра символов даёт практически тот же эффект, как если бы в алфавите исчезли различия прописных и строчных букв. Если буква, существующая и в верхнем, и в нижнем регистре, фигурирует вне квадратных скобок как обычный символ, она по сути преобразуется в выражение в квадратных скобках, содержащее оба варианта, например `x` становится `[xX]`. Если же она фигурирует в выражении в квадратных скобках, в это выражение добавляются все её варианты, например `[x]` становится `[xX]`, а `[^x]` — `[^xX]`.

Когда включён режим учёта перевода строк, атом `.` и выражения в квадратных скобках с `^` никогда не будут соответствовать символам конца строки (так что соответствия никогда не будут пересекать границы строк, если в RE нет явных указаний на эти символы), а `^` и `$` будут соответствовать пустой подстроке не только в начале и конце всего текста, но и в начале и конце каждой отдельной его строки. Однако спецсимволы ARE `\A` и `\Z` по-прежнему будут соответствовать *только* началу и концу всего текста.

В режиме, когда переводы строк учитываются частично, особый смысл перевод строк имеет для атома `.` и выражений в квадратных скобках, но не для `^` и `$`.

В обратном частичном режиме, перевод строк имеет особый смысл для `^` и `$`, как и в режиме с учётом перевода строк, но не для `.` и выражений в квадратных скобках. Данный режим не очень полезен, но существует для симметрии.

9.7.3.6. Пределы и совместимость

В текущей реализации отсутствует какой-либо явно заданный предел длины RE. Однако, разрабатывая программы высокой степени переносимости, не следует применять RE длиннее 256 байт, так как другая POSIX-совместимая реализация может отказаться обрабатывать такие регулярные выражения.

Единственная особенность ARE, действительно несовместимая с ERE стандарта POSIX проявляется в том, что в ARE знак `\` не теряет своё специальное значение в квадратных скобках. Все другие расширения ARE используют синтаксические возможности, которые не определены, не допустимы или не поддерживаются в ERE; синтаксис переключения режимов (`***`) также выходит за рамки синтаксиса POSIX как для BRE, так и для ERE.

Многие расширения ARE заимствованы из языка Perl, но некоторые были изменены, оптимизированы, а несколько расширений Perl были исключены. В результате имеют место следующие несовместимости: атомы \b и \B, отсутствие специальной обработки завершающего перевода строки, добавление исключений в квадратных скобках в число случаев, когда учитывается перевод строк, особые условия для скобок и ссылок назад в ограничениях просмотра вперёд/назад и семантика «наиболее длинное/короткое соответствие» (вместо «первое соответствие»).

Важно отметить две несовместимости синтаксиса ARE и регулярных выражений ERE, которые воспринимал PostgreSQL до версии 7.4:

- В ARE \ с последующим алфавитно-цифровым символом представляет либо спецсимвол, либо ошибочную последовательность, тогда как в предыдущих версиях так можно было записывать алфавитно-цифровые символы. Это не должно быть большой проблемой, так как раньше не было причин использовать такие последовательности.
- В ARE знак \ сохраняет своё специальное значение в [], поэтому, чтобы передать \ в квадратных скобках буквально, его нужно записать как \\.

9.7.3.7. Простые регулярные выражения

BRE имеют ряд отличий от ERE. В BRE знаки |, + и ? теряют специальное значение, а замены им нет. Границы количества окружаются символами \{ и \}, тогда как { и } рассматриваются как обычные символы. Вложенные подвыражения помещаются между \(и \), а (и) представляют обычные символы. Символ ^ воспринимается как обычный, если только он не находится в начале RE или подвыражения в скобках, $ — тоже обычный символ, если он находится не в конце RE или в конце подвыражения в скобках, и * — обычный символ, когда он находится в начале RE или подвыражения в скобках (возможно, после начального ^). И, наконец, в BRE работают ссылки назад с одной цифрой, \< и \> — синонимы для [[:<:]] и [[:>:]], соответственно; никакие другие спецсимволы в BRE не поддерживаются.

9.7.3.8. Отличия от XQuery (LIKE_REGEX)

Начиная с SQL:2008, в стандарт SQL входит оператор LIKE_REGEX, выполняющий поиск по шаблону в соответствии со стандартом регулярных выражений XQuery. В PostgreSQL этот оператор ещё не реализован, но практически тот же результат можно получить с помощью функции regexp_match(), так как регулярные выражения XQuery очень близки к синтаксису ARE, описанному выше.

Регулярные выражения на базе POSIX в существующей реализации и регулярные выражения XQuery имеют ряд заметных отличий, в том числе:

- Вычитание классов символов XQuery не поддерживается. Например, это вычитание позволяет извлекать только английские согласные так: [a-z-[aeiou]].
- Коды классов символов XQuery \c, \C, \i и \I не поддерживаются.
- Элементы классов символов XQuery с обозначением \p{UnicodeProperty} или обратным, \P{UnicodeProperty}, не поддерживаются.
- В POSIX классы символов, такие как \w (см. Таблицу 9.21), интерпретируются согласно текущей локали (и вы можете управлять этим, добавив предложение COLLATE к оператору или вызову функции). В XQuery эти классы определяются по свойствам символов Unicode, поэтому одинаковое поведение возможно только с локалями, соответствующими требованиям Unicode.
- Синтаксис стандарта SQL (не сам язык XQuery) стремится воспринять больше вариантов «перевода строки», чем синтаксис POSIX. Для описанных выше вариантов сопоставления с учётом перевода строк переводом строки считается только символ ASCII NL (\n), тогда как SQL считает переводом строки также CR (\r), CRLF (\r\n) (перевод строки в стиле Windows) и некоторые присущие только Unicode символы, например, LINE SEPARATOR (U+2028). Стоит заметить, что согласно SQL коды шаблона . и \s должны считать последовательность \r\n одним символом, а не двумя.
- Из спецкодов, определяющих символы, описанных в Таблице 9.20, XQuery поддерживает только \n, \r и \t.
- XQuery не поддерживает синтаксис [:*имя*:] для указания класса символов в квадратных скобках.

- В XQuery отсутствуют условия с просмотром вперёд и назад, а также не поддерживаются спецсимволы ограничений, описанные в Таблице 9.22.
- Формы метасинтаксиса, описанные в Подразделе 9.7.3.4, в XQuery не существуют.
- Буквы флагов регулярных выражений, определённые в XQuery, имеют общее с буквами флагов в POSIX (см. Таблицу 9.24), но не равнозначны им. Одинаково ведут себя только флаги `i` и `q`, а все остальные различаются:
  - Флаги XQuery `s` (допускающий сопоставление точки с переводом строки) и `m` (допускающий сопоставление `^` и `$` с переводами строк) позволяют получить то же поведение, что и флаги `n`, `p` и `w` в POSIX, но они *не* равнозначны флагам POSIX `s` и `m`. В частности, заметьте, что по умолчанию точка соответствует переводу строки в POSIX, но не в XQuery.
  - Флаг `x` (игнорировать пробельные символы в шаблоне) в XQuery значительно отличается от флага расширенного режима POSIX. В POSIX флаг `x` дополнительно позволяет написать комментарий в шаблоне (начиная с символа `#`), а пробельный символ после обратной косой черты не игнорируется.

9.8. Функции форматирования данных

Функции форматирования в PostgreSQL предоставляют богатый набор инструментов для преобразования самых разных типов данных (дата/время, целое, числа с плавающей и фиксированной точкой) в форматированные строки и обратно. Все они перечислены в Таблице 9.25. Все эти функции следует одному соглашению: в первом аргументе передаётся значение, которое нужно отформатировать, а во втором — шаблон, определяющий формат ввода или вывода.

Таблица 9.25. Функции форматирования

Функция **Описание** **Пример(ы)**

`to_char ( timestamp, text )` → `text`
`to_char ( timestamp with time zone, text )` → `text`
Преобразует время в строку согласно заданному формату.
`to_char(timestamp '2002-04-20 17:31:12.66', 'HH12:MI:SS')` → `05:31:12`

`to_char ( interval, text )` → `text`
Преобразует интервал в строку согласно заданному формату.
`to_char(interval '15h 2m 12s', 'HH24:MI:SS')` → `15:02:12`

`to_char ( numeric_type , text )` → `text`
Преобразует число в строку согласно заданному формату; поддерживаются типы `integer`, `bigint`, `numeric`, `real`, `double precision`.
`to_char(125, '999')` → `125`
`to_char(125.8::real, '999D9')` → `125.8`
`to_char(-125.8, '999D99S')` → `125.80-`

`to_date ( text, text )` → `date`
Преобразует строку в дату согласно заданному формату.
`to_date('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')` → `2000-12-05`

`to_number ( text, text )` → `numeric`
Преобразует строку в число согласно заданному формату.
`to_number('12,454.8-', '99G999D9S')` → `-12454.8`

`to_timestamp ( text, text )` → `timestamp with time zone`
Преобразует строку в значение времени согласно заданному формату. (См. также `to_timestamp(double precision)` в Таблице 9.32.)
`to_timestamp('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')` → `2000-12-05 00:00:00-05`

Подсказка

Функции `to_timestamp` и `to_date` предназначены для работы с входными форматами, которые нельзя преобразовать простым приведением. Для большинства стандартных форматов даты/времени работает простое приведение исходной строки к требуемому типу и использовать его гораздо легче. Так же и функцию `to_number` нет необходимости использовать для стандартных представлений чисел.

Шаблон вывода `to_char` может содержать ряд кодов, которые распознаются при форматировании и заменяются соответствующими данными в зависимости от заданного значения. Любой текст, который не является кодом, просто копируется в неизменном виде. Подобным образом в строке шаблона ввода (для других функций) шаблонные коды определяют, какие значения должны поступать из входной строки. Если в строке шаблона есть символы, не относящиеся к шаблонным кодам, соответствующие символы во входной строке просто пропускаются (вне зависимости от того, совпадают ли они с символами в строке шаблона).

Все коды форматирования даты и времени перечислены в Таблице 9.26.

Таблица 9.26. Коды форматирования даты/времени

Код	Описание
`HH`	час дня (01–12)
`HH12`	час дня (01–12)
`HH24`	час дня (00–23)
`MI`	минута (00–59)
`SS`	секунда (00–59)
`MS`	миллисекунда (000–999)
`US`	микросекунда (000000–999999)
`FF1`	десятая доля секунды (0–9)
`FF2`	сотая доля секунды (00–99)
`FF3`	миллисекунда (000–999)
`FF4`	десятитысячная доля секунды (0000–9999)
`FF5`	стотысячная доля секунды (00000–99999)
`FF6`	микросекунда (000000–999999)
`SSSS`, `SSSSS`	секунды после полуночи (0–86399)
`AM`, `am`, `PM` или `pm`	обозначение времени до/после полудня (без точек)
`A.M.`, `a.m.`, `P.M.` или `p.m.`	обозначение времени до/после полудня (с точками)
`Y,YYY`	год (4 или более цифр) с разделителем
`YYYY`	год (4 или более цифр)
`YYY`	последние 3 цифры года
`YY`	последние 2 цифры года
`Y`	последняя цифра года
`IYYY`	недельный год по ISO 8601 (4 или более цифр)
`IYY`	последние 3 цифры недельного года по ISO 8601

Код	**Описание**
IY	последние 2 цифры недельного года по ISO 8601
I	последняя цифра недельного года по ISO 8601
BC, bc, AD или ad	обозначение эры (без точек)
B.C., b.c., A.D. или a.d.	обозначение эры (с точками)
MONTH	полное название месяца в верхнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
Month	полное название месяца с большой буквы (дополненное пробелами до 9 символов)
month	полное название месяца в нижнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
MON	сокращённое название месяца в верхнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
Mon	сокращённое название месяца с большой буквы (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
mon	сокращённое название месяца в нижнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
MM	номер месяца (01–12)
DAY	полное название дня недели в верхнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
Day	полное название дня недели с большой буквы (дополненное пробелами до 9 символов)
day	полное название дня недели в нижнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
DY	сокращённое название дня недели в верхнем регистре (3 буквы в английском; в других языках может меняться)
Dy	сокращённое название дня недели с большой буквы (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
dy	сокращённое название дня недели в нижнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
DDD	номер дня в году (001–366)
IDDD	номер дня в году по ISO 8601 (001–371; первый день года — понедельник первой недели по ISO)
DD	день месяца (01–31)
D	номер дня недели, считая с воскресенья (1) до субботы (7)
ID	номер дня недели по ISO 8601, считая с понедельника (1) до воскресенья (7)
W	неделя месяца (1–5) (первая неделя начинается в первый день месяца)

Код	Описание
`WW`	номер недели в году (1–53) (первая неделя начинается в первый день года)
`IW`	номер недели в году по ISO 8601 (01–53; первый четверг года относится к неделе 1)
`CC`	век (2 цифры) (двадцать первый век начался 2001-01-01)
`J`	юлианская дата (целое число дней от 24 ноября 4714 г. до н. э. 00:00 по местному времени; см. Раздел B.7)
`Q`	квартал
`RM`	номер месяца римскими цифрами в верхнем регистре (I–XII; I=январь)
`rm`	номер месяца римскими цифрами в нижнем регистре (i–xii; i=январь)
`TZ`	сокращённое название часового пояса в верхнем регистре (поддерживается только в `to_char`)
`tz`	сокращённое название часового пояса в нижнем регистре (поддерживается только в `to_char`)
`TZH`	часы часового пояса
`TZM`	минуты часового пояса
`OF`	смещение часового пояса от UTC (поддерживается только в `to_char`)

К любым кодам форматирования можно добавить модификаторы, изменяющие их поведение. Например, шаблон форматирования `FMMonth` включает код `Month` с модификатором `FM`. Модификаторы, предназначенные для форматирования даты/времени, перечислены в Таблице 9.27.

Таблица 9.27. Модификаторы кодов для форматирования даты/времени

Модификатор	Описание	Пример
Приставка `FM`	режим заполнения (подавляет ведущие нули и дополнение пробелами)	`FMMonth`
Окончание `TH`	окончание порядкового числительного в верхнем регистре	`DDTH`, например `12TH`
Окончание `th`	окончание порядкового числительного в нижнем регистре	`DDth`, например `12th`
Приставка `FX`	глобальный параметр фиксированного формата (см. замечания)	`FX Month DD Day`
Приставка `TM`	режим перевода (используются локализованные названия дней и месяцев, исходя из lc_time)	`TMMonth`
Окончание `SP`	режим числа прописью (не реализован)	`DDSP`

Замечания по использованию форматов даты/времени:

- `FM` подавляет дополняющие пробелы и нули справа, которые в противном случае будут добавлены, чтобы результат имел фиксированную ширину. В PostgreSQL модификатор `FM` действует только на следующий код, тогда как в Oracle `FM` её действие распространяется на все последующие коды, пока не будет отключено последующим модификатором `FM`.
- `TM` подавляет замыкающие пробелы вне зависимости от указания `FM`.
- Функции `to_timestamp` и `to_date` игнорируют регистр букв во входной строке; поэтому, например, для шаблонов `MON`, `Mon` и `mon` подойдут одни и те же строки. Если используется приставка `TM`, смена регистра производится в соответствии с правилом сортировки, установленным для входной строки (см. Раздел 23.2).
- `to_timestamp` и `to_date` пропускают повторяющиеся пробелы в начале входной строки и вокруг значений даты и времени, если только не используется приставка `FX`. Например, `to_timestamp(' 2000    JUN', 'YYYY MON')` и `to_timestamp('2000 - JUN', 'YYYY-MON')` будут работать, но `to_timestamp('2000    JUN', 'FXYYYY MON')` выдаст ошибку, так как `to_timestamp` ожидает только один пробел. Приставка `FX` должна быть первой в шаблоне.
- Разделитель (пробел или отличный от цифры/буквы символ) в строке шаблона функций `to_timestamp` и `to_date` соответствует любому разделителю во входной строке или пропускается, если только не добавлена приставка `FX`. Например, `to_timestamp('2000JUN', 'YYYY///MON')` и `to_timestamp('2000/JUN', 'YYYY MON')` будут работать, но `to_timestamp('2000//JUN', 'YYYY/MON')` выдаст ошибку, так как количество разделителей во входной строке превышает количество разделителей в шаблоне.

  Если добавляется приставка `FX`, разделитель в строке шаблона соответствует ровно одному символу во входной строке. Но заметьте, что символ во входной строке не обязательно должен совпадать с символом разделителя в шаблоне. Например, `to_timestamp('2000/JUN', 'FXYYYY MON')` будет работать, а `to_timestamp('2000/JUN', 'FXYYYY  MON')` выдаст ошибку, потому что второй пробел в строке шаблона забирает букву `J` из входной строки.
- Коду шаблона `TZH` может соответствовать число со знаком. Без приставки `FX` знаки минуса могут быть неоднозначными и восприниматься как разделители. Эта неоднозначность разрешается следующим образом: если число разделителей перед `TZH` в строке шаблона меньше числа разделителей перед знаком минуса во входной строке, знак минус воспринимается как относящийся к `TZH`. В противном случае знак минуса воспринимается как разделитель значений. Например, в `to_timestamp('2000 -10', 'YYYY TZH')` в поле `TZH` попадает `-10`, а в `to_timestamp('2000 -10', 'YYYY  TZH')` в `TZH` попадает значение `10`.
- Шаблоны для `to_char` могут содержать обычный текст; он будет выведен в неизменном виде. Чтобы принудительно вывести текст буквально, даже если он содержит шаблонные коды, подстроку с ним можно заключить в кавычки. Например, в строке `'"Hello Year "YYYY'`, код `YYYY` будет заменён годом, а буква `Y` в слове `Year` останется неизменной. В функциях `to_date`, `to_number` и `to_timestamp` при обработке подстрок в кавычках и буквального текста некоторой длины пропускается такое же число символов во входной строке; например, при обработке подстроки `"XX"` будут пропущены два символа (любые, не обязательно `XX`).

> ## Подсказка
>
> До PostgreSQL 12 во входной строке можно было пропускать произвольный текст, используя в шаблоне символы, отличные от цифр и букв. Например, раньше работало `to_timestamp('2000y6m1d', 'yyyy-MM-DD')`. Теперь для этой цели можно использовать только буквы. Например, шаблоны `to_timestamp('2000y6m1d', 'yyyytMMtDDt')` и `to_timestamp('2000y6m1d', 'yyyy"y"MM"m"DD"d"')` пропускают `y`, `m` и `d`.

- Если вам нужно получить на выходе двойные кавычки, вы должны предварить их символом обратной косой черты, например: `'\"YYYY Month\"'`. В остальном этот символ вне кавычек воспринимается как обычный. Внутри строки в кавычках он указывает, что следующий символ должен восприниматься буквально, каким бы он ни был (но это имеет смысл, только если следующий символ — кавычки или обратная косая черта).

- Если в функциях `to_timestamp` и `to_date` формат года определяется менее, чем 4 цифрами, например, как `YYY`, и в переданном значении года тоже меньше 4 цифр, год пересчитывается в максимально близкий к году 2020, т. е. `95` воспринимается как 1995.
- Функции `to_timestamp` и `to_date` воспринимают отрицательные значения годов как относящиеся к годам до н. э. Если же указать отрицательное значение и добавить явный признак `BC` (до н. э.), год будет относиться к н. э. Нулевое значение года воспринимается как 1 год до н. э.
- В функциях `to_timestamp` и `to_date` с преобразованием `YYYY` связано ограничение, когда обрабатываемый год записывается более чем 4 цифрами. После `YYYY` необходимо будет добавить нецифровой символ или соответствующий код, иначе год всегда будет восприниматься как 4 цифры. Например, в `to_date('200001130', 'YYYYMMDD')` (с годом 20000) год будет интерпретирован как состоящий из 4 цифр; чтобы исправить ситуацию, нужно добавить нецифровой разделитель после года, как в `to_date('20000-1130', 'YYYY-MMDD')`, или код как в `to_date('20000Nov30', 'YYYYMonDD')`.
- Функции `to_timestamp` и `to_date` принимают поле `CC` (век), но игнорируют его, если в шаблоне есть поле `YYY`, `YYYY` или `Y,YYY`. Если `CC` используется с `YY` или `Y`, результатом будет год в данном столетии. Если присутствует только код столетия, без года, подразумевается первый год этого века.
- Функции `to_timestamp` и `to_date` принимают названия и номера дней недели (`DAY`, `D` и связанные типы полей), но игнорируют их при вычислении результата. То же самое происходит с полями квартала (`Q`).
- Функциям `to_timestamp` и `to_date` можно передать даты по недельному календарю ISO 8601 (отличающиеся от григорианских) одним из двух способов:
  - Год, номер недели и дня недели: например, `to_date('2006-42-4', 'IYYY-IW-ID')` возвращает дату `2006-10-19`. Если день недели опускается, он считается равным 1 (понедельнику).
  - Год и день года: например, `to_date('2006-291', 'IYYY-IDDD')` также возвращает `2006-10-19`.

  Попытка ввести дату из смеси полей григорианского и недельного календаря ISO 8601 бессмысленна, поэтому это будет считаться ошибкой. В контексте ISO 8601 понятия «номер месяца» и «день месяца» не существуют, а в григорианском календаре нет понятия номера недели по ISO.

  ### Внимание

  Тогда как `to_date` не примет смесь полей григорианского и недельного календаря ISO, `to_char` способна на это, так как форматы вроде `YYYY-MM-DD (IYYY-IDDD)` могут быть полезны. Но избегайте форматов типа `IYYY-MM-DD`; в противном случае с датами в начале года возможны сюрпризы. (За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 9.9.1.)

- Функция `to_timestamp` воспринимает поля миллисекунд (`MS`) или микросекунд (`US`) как дробную часть число секунд. Например, `to_timestamp('12.3', 'SS.MS')` — это не 3 миллисекунды, а 300, так как это значение воспринимается как 12 + 0.3 секунды. Это значит, что для формата `SS.MS` входные значения `12.3`, `12.30` и `12.300` задают одно и то же число миллисекунд. Чтобы получить три миллисекунды, время нужно записать в виде `12.003`, тогда оно будет воспринято как 12 + 0.003 = 12.003 сек.

  Ещё более сложный пример: `to_timestamp('15:12:02.020.001230', 'HH24:MI:SS.MS.US')` будет преобразовано в 15 часов, 12 минут и 2 секунды + 20 миллисекунд + 1230 микросекунд = 2.021230 seconds.

- Нумерация дней недели в `to_char(..., 'ID')` соответствует функции `extract(isodow from ...)`, но нумерация `to_char(..., 'D')` не соответствует нумерации, принятой в `extract(dow from ...)`.
- Функция `to_char(interval)` обрабатывает форматы `HH` и `HH12` в рамках 12 часов, то есть 0 и 36 часов будут выводиться как `12`, тогда как `HH24` выводит число часов полностью, и для значений `interval` результат может превышать 23.

Коды форматирования числовых значений перечислены в Таблице 9.28.

Таблица 9.28. Коды форматирования чисел

Код	Описание
`9`	позиция цифры (может отсутствовать, если цифра незначащая)
`0`	позиция цифры (присутствует всегда, даже если цифра незначащая)
`.` (точка)	десятичная точка
`,` (запятая)	разделитель групп (тысяч)
`PR`	отрицательное значение в угловых скобках
`S`	знак, добавляемый к числу (с учётом локали)
`L`	символ денежной единицы (с учётом локали)
`D`	разделитель целой и дробной части числа (с учётом локали)
`G`	разделитель групп (с учётом локали)
`MI`	знак минус в заданной позиции (если число < 0)
`PL`	знак плюс в заданной позиции (если число > 0)
`SG`	знак плюс или минус в заданной позиции
`RN`	число римскими цифрами (в диапазоне от 1 до 3999)
`TH` или `th`	окончание порядкового числительного
`V`	сдвиг на заданное количество цифр (см. замечания)
`EEEE`	экспоненциальная запись числа

Замечания по использованию форматов чисел:

- `0` обозначает позицию цифры, которая будет выводиться всегда, даже если это незначащий ноль слева или справа. `9` также обозначает позицию цифры, но если это незначащий ноль слева, он заменяется пробелом, а если справа и задан режим заполнения, он удаляется. (Для функции `to_number()` эти два символа равнозначны.)
- Если в формате числа предусмотрено меньше знаков после запятой, чем в форматируемом числе, функция `to_char()` округлит число до указанного количества знаков.
- Символы шаблона `S`, `L`, `D` и `G` представляют знак, символ денежной единицы, десятичную точку и разделитель тысяч, как их определяет текущая локаль (см. lc_monetary и lc_numeric). Символы точка и запятая представляют те же символы, обозначающие десятичную точку и разделитель тысяч, но не зависят от локали.
- Если в шаблоне `to_char()` отсутствует явное указание положения знака, для него резервируется одна позиция рядом с числом (слева от него). Если левее нескольких `9` помещён `S`, знак также будет приписан слева к числу.

- Знак числа, полученный кодами `SG`, `PL` или `MI`, не присоединяется к числу; например, `to_char(-12, 'MI9999')` выдаёт `'-  12'`, тогда как `to_char(-12, 'S9999')` — `'  -12'`. (В Oracle `MI` не может идти перед `9`, наоборот `9` нужно указать перед `MI`.)
- `TH` не преобразует значения меньше 0 и не поддерживает дробные числа.
- `PL`, `SG` и `TH` — расширения PostgreSQL.
- В `to_number` при использовании шаблонных кодов, не обозначающих данные, таких как `L` и `TH`, пропускается соответствующее количество входных символов. При этом не имеет значения, совпадают ли они с символами шаблона, если только это не символы данных (то есть цифры, знак числа, десятичная точка или запятая). Например, для подстроки `TH` будут пропущены два символа, не представляющие данные.
- `V` с `to_char` умножает вводимое значение на `10^n`, где *n* — число цифр, следующих за `V`. `V` с `to_number` подобным образом делит значение. Функции `to_char` и `to_number` не поддерживают `V` с дробными числами (например, `99.9V99` не допускается).
- Код `EEEE` (научная запись) не может сочетаться с любыми другими вариантами форматирования или модификаторами, за исключением цифр и десятичной точки, и должен располагаться в конце строки шаблона (например, `9.99EEEE` — допустимый шаблон).

Для изменения поведения кодов к ним могут быть применены определённые модификаторы. Например, `FM99.99` обрабатывается как код `99.99` с модификатором `FM`. Все модификаторы для форматирования чисел перечислены в Таблице 9.29.

Таблица 9.29. Модификаторы шаблонов для форматирования чисел

Модификатор	Описание	Пример
Приставка `FM`	режим заполнения (подавляет завершающие нули и дополнение пробелами)	`FM99.99`
Окончание `TH`	окончание порядкового числительного в верхнем регистре	`999TH`
Окончание `th`	окончание порядкового числительного в нижнем регистре	`999th`

В Таблице 9.30 приведены некоторые примеры использования функции `to_char`.

Таблица 9.30. Примеры `to_char`

Выражение	Результат
`to_char(current_timestamp, 'Day, DD  HH12:MI:SS')`	`'Tuesday  , 06  05:39:18'`
`to_char(current_timestamp, 'FMDay, FMDD  HH12:MI:SS')`	`'Tuesday, 6  05:39:18'`
`to_char(-0.1, '99.99')`	`'  -.10'`
`to_char(-0.1, 'FM9.99')`	`'-.1'`
`to_char(-0.1, 'FM90.99')`	`'-0.1'`
`to_char(0.1, '0.9')`	`' 0.1'`
`to_char(12, '9990999.9')`	`'    0012.0'`
`to_char(12, 'FM9990999.9')`	`'0012.'`
`to_char(485, '999')`	`' 485'`
`to_char(-485, '999')`	`'-485'`
`to_char(485, '9 9 9')`	`' 4 8 5'`

Выражение	Результат
to_char(1485, '9,999')	' 1,485'
to_char(1485, '9G999')	' 1 485'
to_char(148.5, '999.999')	' 148.500'
to_char(148.5, 'FM999.999')	'148.5'
to_char(148.5, 'FM999.990')	'148.500'
to_char(148.5, '999D999')	' 148,500'
to_char(3148.5, '9G999D999')	' 3 148,500'
to_char(-485, '999S')	'485-'
to_char(-485, '999MI')	'485-'
to_char(485, '999MI')	'485 '
to_char(485, 'FM999MI')	'485'
to_char(485, 'PL999')	'+485'
to_char(485, 'SG999')	'+485'
to_char(-485, 'SG999')	'-485'
to_char(-485, '9SG99')	'4-85'
to_char(-485, '999PR')	'<485>'
to_char(485, 'L999')	'DM 485'
to_char(485, 'RN')	' CDLXXXV'
to_char(485, 'FMRN')	'CDLXXXV'
to_char(5.2, 'FMRN')	'V'
to_char(482, '999th')	' 482nd'
to_char(485, '"Good number:"999')	'Good number: 485'
to_char(485.8, '"Pre:"999" Post:" .999')	'Pre: 485 Post: .800'
to_char(12, '99V999')	' 12000'
to_char(12.4, '99V999')	' 12400'
to_char(12.45, '99V9')	' 125'
to_char(0.0004859, '9.99EEEE')	' 4.86e-04'

9.9. Операторы и функции даты/времени

Все существующие функции для обработки даты/времени перечислены в Таблице 9.32, а подробнее они описаны в следующих подразделах. Поведение основных арифметических операторов (+, * и т. д.) описано в Таблице 9.31. Функции форматирования этих типов данных были перечислены в Разделе 9.8. Общую информацию об этих типах вы получили (или можете получить) в Разделе 8.5.

Помимо этого, для типов даты/времени имеются обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Значения даты и даты со временем (с часовым поясом или без него) можно сравнивать как угодно, тогда как значения только времени (с часовым поясом или без него) и интервалы допустимо сравнивать, только если их типы совпадают. При сравнении даты со временем без часового пояса и даты со временем с часовым поясом предполагается, что первое значение задано в часовом поясе, установленном параметром TimeZone, и оно пересчитывается в UTC для сравнения со вторым значением (внутри уже представленным в UTC). Аналогичным образом, при сравнении значений даты и даты со времени первое считается соответствующим полночи в часовом поясе `TimeZone`.

Все описанные ниже функции и операторы, принимающие аргументы `time` или `timestamp`, фактически представлены в двух вариациях: одна принимает тип `time with time zone` или `timestamp with time zone`, а вторая — `time without time zone` или `timestamp without time zone`. Для краткости эти вариации здесь не разделяются. Кроме того, операторы `+` и `*` определяются парами, наделяющими их переместительным свойством (например, `date + integer` и `integer + date`); здесь приводится только один вариант для каждой пары.

Таблица 9.31. Операторы даты/времени

Оператор Описание Пример(ы)

`date + integer → date`
Добавляет к дате заданное число дней
`date '2001-09-28' + 7 → 2001-10-05`

`date + interval → timestamp`
Добавляет к дате интервал
`date '2001-09-28' + interval '1 hour' → 2001-09-28 01:00:00`

`date + time → timestamp`
Добавляет к дате время
`date '2001-09-28' + time '03:00' → 2001-09-28 03:00:00`

`interval + interval → interval`
Складывает интервалы
`interval '1 day' + interval '1 hour' → 1 day 01:00:00`

`timestamp + interval → timestamp`
Добавляет к отметке времени интервал
`timestamp '2001-09-28 01:00' + interval '23 hours' → 2001-09-29 00:00:00`

`time + interval → time`
Добавляет к времени интервал
`time '01:00' + interval '3 hours' → 04:00:00`

`- interval → interval`
Меняет направление интервала
`- interval '23 hours' → -23:00:00`

`date - date → integer`
Вычитает даты, выдавая разницу в днях
`date '2001-10-01' - date '2001-09-28' → 3`

`date - integer → date`
Вычитает из даты заданное число дней
`date '2001-10-01' - 7 → 2001-09-24`

`date - interval → timestamp`
Вычитает из даты интервал
`date '2001-09-28' - interval '1 hour' → 2001-09-27 23:00:00`

`time - time → interval`
Вычитает из одного времени другое
`time '05:00' - time '03:00' → 02:00:00`

`time - interval → time`
Вычитает из времени интервал
`time '05:00' - interval '2 hours' → 03:00:00`

Оператор Описание Пример(ы)
timestamp - interval → timestamp Вычитает из отметки времени интервал timestamp '2001-09-28 23:00' - interval '23 hours' → 2001-09-28 00:00:00
interval - interval → interval Вычитает из одного интервала другой interval '1 day' - interval '1 hour' → 1 day -01:00:00
timestamp - timestamp → interval Вычитает из одной отметки времени другую (преобразуя 24-часовые интервалы в дни подобно justify_hours()) timestamp '2001-09-29 03:00' - timestamp '2001-07-27 12:00' → 63 days 15:00:00
interval * double precision → interval Умножает интервал на скалярное значение interval '1 second' * 900 → 00:15:00 interval '1 day' * 21 → 21 days interval '1 hour' * 3.5 → 03:30:00
interval / double precision → interval Делит интервал на скалярное значение interval '1 hour' / 1.5 → 00:40:00

Таблица 9.32. Функции даты/времени

Функция Описание Пример(ы)
age (timestamp, timestamp) → interval Вычитает аргументы и выдаёт «символический» результат с годами и месяцами, а не просто днями age(timestamp '2001-04-10', timestamp '1957-06-13') → 43 years 9 mons 27 days (43 года 9 месяцев 27 дней)
age (timestamp) → interval Вычитает аргумент из current_date (полночь текущего дня) age(timestamp '1957-06-13') → 62 years 6 mons 10 days (62 года 6 месяцев 10 дней)
clock_timestamp ( ) → timestamp with time zone Текущая дата и время (меняется в процессе выполнения операторов); см. Подраздел 9.9.4 clock_timestamp() → 2019-12-23 14:39:53.662522-05
current_date → date Текущая дата; см. Подраздел 9.9.4 current_date → 2019-12-23
current_time → time with time zone Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4 current_time → 14:39:53.662522-05
current_time (integer) → time with time zone Текущее время суток (с ограниченной точностью); см. Подраздел 9.9.4

Функция Описание Пример(ы)
`current_time(2)` → `14:39:53.66-05`

`current_timestamp` → `timestamp with time zone`
Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4
`current_timestamp` → `2019-12-23 14:39:53.662522-05`

`current_timestamp ( integer )` → `timestamp with time zone`
Текущие дата и время (на момент начала транзакции; с ограниченной точностью); см. Подраздел 9.9.4
`current_timestamp(0)` → `2019-12-23 14:39:53-05`

`date_part ( text, timestamp )` → `double precision`
Возвращает поле даты/времени (равнозначно `extract`); см. Подраздел 9.9.1
`date_part('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')` → `20`

`date_part ( text, interval )` → `double precision`
Возвращает поле интервала (равнозначно `extract`); см. Подраздел 9.9.1
`date_part('month', interval '2 years 3 months')` → `3`

`date_trunc ( text, timestamp )` → `timestamp`
Отсекает компоненты даты до заданной точности; см. Подраздел 9.9.2
`date_trunc('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')` → `2001-02-16 20:00:00`

`date_trunc ( text, timestamp with time zone, text )` → `timestamp with time zone`
Отсекает компоненты даты до заданной точности в указанном часовом поясе; см. Подраздел 9.9.2
`date_trunc('day', timestamptz '2001-02-16 20:38:40+00', 'Australia/Sydney')` → `2001-02-16 13:00:00+00`

`date_trunc ( text, interval )` → `interval`
Отсекает компоненты даты до заданной точности; см. Подраздел 9.9.2
`date_trunc('hour', interval '2 days 3 hours 40 minutes')` → `2 days 03:00:00`

`extract ( field from timestamp )` → `double precision`
Возвращает поле даты/времени; см. Подраздел 9.9.1
`extract(hour from timestamp '2001-02-16 20:38:40')` → `20`

`extract ( field from interval )` → `double precision`
Возвращает поле интервала; см. Подраздел 9.9.1
`extract(month from interval '2 years 3 months')` → `3`

`isfinite ( date )` → `boolean`
Проверяет конечность даты (её отличие от +/-бесконечности)
`isfinite(date '2001-02-16')` → `true`

`isfinite ( timestamp )` → `boolean`
Проверяет конечность времени (его отличие от +/-бесконечности)
`isfinite(timestamp 'infinity')` → `false`

`isfinite ( interval )` → `boolean`
Проверяет конечность интервала (в настоящее время все интервалы конечны)
`isfinite(interval '4 hours')` → `true`

`justify_days ( interval )` → `interval` Преобразует интервал так, что каждый 30-дневный период считается одним месяцем

Функция Описание Пример(ы)
`justify_days(interval '1 year 65 days')` → `1 year 2 mons 5 days`

`justify_hours` (`interval`) → `interval`
Преобразует интервал так, что каждый 24-часовой период считается одним днём
`justify_hours(interval '50 hours 10 minutes')` → `2 days 02:10:00`

`justify_interval` (`interval`) → `interval`
Преобразует интервал с применением `justify_days` и `justify_hours` и дополнительно корректирует знаки
`justify_interval(interval '1 mon -1 hour')` → `29 days 23:00:00 (29 дней 23:00:00)`

`localtime` → `time`
Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4
`localtime` → `14:39:53.662522`

`localtime` (`integer`) → `time`
Текущее время суток (с ограниченной точностью); см. Подраздел 9.9.4
`localtime(0)` → `14:39:53`

`localtimestamp` → `timestamp`
Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4
`localtimestamp` → `2019-12-23 14:39:53.662522`

`localtimestamp` (`integer`) → `timestamp`
Текущие дата и время (на момент начала транзакции; с ограниченной точностью); см. Подраздел 9.9.4
`localtimestamp(2)` → `2019-12-23 14:39:53.66`

`make_date` (*`year`* `int`, *`month`* `int`, *`day`* `int`) → `date`
Образует дату из полей: year (год), month (месяц) и day (день)
`make_date(2013, 7, 15)` → `2013-07-15`

`make_interval` ([*`years`* `int` [, *`months`* `int` [, *`weeks`* `int` [, *`days`* `int` [, *`hours`* `int` [, *`mins`* `int` [, *`secs`* `double precision`]]]]]]]) → `interval`
Образует интервал из полей: years (годы), months (месяцы), weeks (недели), days (дни), hours (часы), minutes (минуты) и secs (секунды), каждое из которых по умолчанию считается равным нулю.
`make_interval(days => 10)` → `10 days`

`make_time` (*`hour`* `int`, *`min`* `int`, *`sec`* `double precision`) → `time`
Образует время из полей: hour (час), minute (минута) и sec (секунда)
`make_time(8, 15, 23.5)` → `08:15:23.5`

`make_timestamp` (*`year`* `int`, *`month`* `int`, *`day`* `int`, *`hour`* `int`, *`min`* `int`, *`sec`* `double precision`) → `timestamp`
Образует дату и время из полей: year (год), month (месяц), day (день), hour (час), minute (минута) и sec (секунда)
`make_timestamp(2013, 7, 15, 8, 15, 23.5)` → `2013-07-15 08:15:23.5`

`make_timestamptz` (*`year`* `int`, *`month`* `int`, *`day`* `int`, *`hour`* `int`, *`min`* `int`, *`sec`* `double precision` [, *`timezone`* `text`]) → `timestamp with time zone` Образует дату и время с часовым поясом из полей: year (год), month (месяц), day (день), hour (час), minute (минута) и sec (секунда). Если параметр *`timezone`* (часовой пояс) не указан, используется текущий часовой пояс.

Функция Описание Пример(ы)
`make_timestamptz(2013, 7, 15, 8, 15, 23.5)` → `2013-07-15 08:15:23.5+01`

`now` ( ) → `timestamp with time zone`
Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4
`now()` → `2019-12-23 14:39:53.662522-05`

`statement_timestamp` ( ) → `timestamp with time zone`
Текущая дата и время (на момент начала текущего оператора); см. Подраздел 9.9.4
`statement_timestamp()` → `2019-12-23 14:39:53.662522-05`

`timeofday` ( ) → `text`
Текущая дата и время (как `clock_timestamp` , но в виде строки типа `text`); см. Подраздел 9.9.4
`timeofday()` → `Mon Dec 23 14:39:53.662522 2019 EST`

`transaction_timestamp` ( ) → `timestamp with time zone`
Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4
`transaction_timestamp()` → `2019-12-23 14:39:53.662522-05`

`to_timestamp` (`double precision`) → `timestamp with time zone`
Преобразует время эпохи Unix (число секунд с 1970-01-01 00:00:00+00) в дату/время с часовым поясом
`to_timestamp(1284352323)` → `2010-09-13 04:32:03+00`

В дополнение к этим функциям поддерживается SQL-оператор `OVERLAPS`:

```
(начало1, конец1) OVERLAPS (начало2, конец2)
(начало1, длительность1) OVERLAPS (начало2, длительность2)
```

Его результатом будет true, когда два периода времени (определённые своими границами) пересекаются, и false в противном случае. Границы периода можно задать либо в виде пары дат, времени или дат со временем, либо как дату, время (или дату со временем) с интервалом. Когда указывается пара значений, первым может быть и начало, и конец периода: `OVERLAPS` автоматически считает началом периода меньшее значение. Периоды времени считаются наполовину открытыми, т. е. *начало*`<=`*время*`<`*конец*, если только *начало* и *конец* не равны — в этом случае период представляет один момент времени. Это означает, например, что два периода, имеющие только общую границу, не будут считаться пересекающимися.

```
SELECT (DATE '2001-02-16', DATE '2001-12-21') OVERLAPS
       (DATE '2001-10-30', DATE '2002-10-30');
Результат:true
SELECT (DATE '2001-02-16', INTERVAL '100 days') OVERLAPS
       (DATE '2001-10-30', DATE '2002-10-30');
Результат:false
SELECT (DATE '2001-10-29', DATE '2001-10-30') OVERLAPS
       (DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-31');
Результат:false
SELECT (DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-30') OVERLAPS
       (DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-31');
Результат:true
```

При добавлении к метке типа `timestamp with time zone` значения `interval` (или при вычитании из него `interval`), поле дней в этой дате увеличивается (или уменьшается) на указанное число суток, а время суток остаётся неизменным. При пересечении границы перехода на летнее время (если в часовом поясе текущего сеанса производится этот переход) это означает, что `interval '1 day'` и `interval '24 hours'` не обязательно будут равны. Например, в часовом поясе `America/Denver`:

```
SELECT timestamp with time zone '2005-04-02 12:00:00-07' + interval '1 day';
Результат: 2005-04-03 12:00:00-06
SELECT timestamp with time zone '2005-04-02 12:00:00-07' + interval '24 hours';
Результат: 2005-04-03 13:00:00-06
```

Эта разница объясняется тем, что `2005-04-03 02:00` в часовом поясе `America/Denver` произошёл переход на летнее время.

Обратите внимание на возможную неоднозначность в поле `months` в результате функции `age`, вызванную тем, что число дней в разных месяцах неодинаково. Вычисляя оставшиеся дни месяца, PostgreSQL рассматривает месяц меньшей из двух дат. Например, результатом `age('2004-06-01', '2004-04-30')` будет `1 mon 1 day`, так как в апреле 30 дней, а то же выражение с датой 30 мая выдаст `1 mon 2 days`, так как в мае 31 день.

Вычитание дат и дат со временем также может быть нетривиальной операцией. Один принципиально простой способ выполнить такое вычисление — преобразовать каждое значение в количество секунд, используя `EXTRACT(EPOCH FROM ...)`, а затем найти разницу результатов; при этом будет получено число *секунд* между двумя датами. При этом будет учтено неодинаковое число дней в месяцах, изменения часовых поясов и переходы на летнее время. При вычитании дат или дат со временем с помощью оператора «`-`» выдаётся число дней (по 24 часа) и часов/минут/секунд между данными значениями, с учётом тех же факторов. Функция `age` возвращает число лет, месяцев, дней и часов/минут/секунд, выполняя вычитание по полям, а затем пересчитывая отрицательные значения. Различие этих подходов иллюстрируют следующие запросы. Показанные результаты были получены для часового пояса `'US/Eastern'`; между двумя заданными датами произошёл переход на летнее время:

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM timestamptz '2013-07-01 12:00:00') -
       EXTRACT(EPOCH FROM timestamptz '2013-03-01 12:00:00');
Результат:10537200
SELECT (EXTRACT(EPOCH FROM timestamptz '2013-07-01 12:00:00') -
        EXTRACT(EPOCH FROM timestamptz '2013-03-01 12:00:00'))
        / 60 / 60 / 24;
Результат:121.958333333333
SELECT timestamptz '2013-07-01 12:00:00' - timestamptz '2013-03-01 12:00:00';
Результат:121 days 23:00:00
SELECT age(timestamptz '2013-07-01 12:00:00', timestamptz '2013-03-01 12:00:00');
Результат:4 mons
```

9.9.1. EXTRACT, date_part

`EXTRACT(`*`поле`*` FROM `*`источник`*`)`

Функция `extract` извлекает поля, такие как год или час, из значений даты и времени. *`Источником`* должно быть заданное выражением значение типа `timestamp`, `date`, `time` или `interval`. (Значения `timestamp` и `time` могут быть как с указанием часового пояса, так и без.) *`Поле`* — это идентификатор или строка, с помощью которой выбирается поле для извлечения из значения источника. Для разных типов входных данных допустимы разные поля: например, поля меньше дней не могут быть извлечены из `date`, а поля дней и более не могут быть извлечены из `time`. Функция `extract` возвращает значения типа `double precision`.

Допустимы следующие имена полей:

`century`

Век; для значений `interval` — значение поля года, разделённое на сто

```
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM TIMESTAMP '2000-12-16 12:21:13');
Результат:20
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:21
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM DATE '0001-01-01 AD');
```

```
Результат:1
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM DATE '0001-12-31 BC');
Результат:-1
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM INTERVAL '2001 years');
Результат:20
```

`day`

День месяца (1–31); для значений `interval` — количество дней

```
SELECT EXTRACT(DAY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:16
SELECT EXTRACT(DAY FROM INTERVAL '40 days 1 minute');
Результат:40
```

`decade`

Год, делённый на 10

```
SELECT EXTRACT(DECADE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:200
```

`dow`

День недели, считая с воскресенья (`0`) до субботы (`6`)

```
SELECT EXTRACT(DOW FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:5
```

Заметьте, что в `extract` дни недели нумеруются не так, как в функции `to_char(..., 'D')`.

`doy`

День года (1–365/366)

```
SELECT EXTRACT(DOY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:47
```

`epoch`

Для значений `timestamp with time zone` это число секунд с 1970-01-01 00:00:00 UTC (отрицательное для предшествующего времени); для значений `date` и `timestamp` — номинальное число секунд с 1970-01-01 00:00:00 без учёта часового пояса, переходов на летнее время и т. п.; для значений `interval` — общее количество секунд в интервале

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2001-02-16 20:38:40.12-08');
Результат:982384720.12
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40.12');
Результат:982355920.12
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM INTERVAL '5 days 3 hours');
Результат:442800
```

Преобразовать время эпохи назад, в значение `timestamp with time zone`, с помощью `to_timestamp` можно так:

```
SELECT to_timestamp(982384720.12);
Результат:2001-02-17 04:38:40.12+00
```

Имейте в виду, что применяя `to_timestamp` к времени эпохи, извлечённому из значения `date` или `timestamp`, можно получить не вполне ожидаемый результат: эта функция подразумевает, что изначальное значение задано в часовом поясе UTC, но это может быть не так.

`hour`

Поле часов (0–23 в метках времени, в интервалах — без ограничений)

```
SELECT EXTRACT(HOUR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:20
```

`isodow`

День недели, считая с понедельника (`1`) до воскресенья (`7`)

```
SELECT EXTRACT(ISODOW FROM TIMESTAMP '2001-02-18 20:38:40');
Результат:7
```

Результат отличается от `dow` только для воскресенья. Такая нумерация соответствует ISO 8601.

`isoyear`

Год с нумерацией недель согласно ISO 8601, на который приходится дата

```
SELECT EXTRACT(ISOYEAR FROM DATE '2006-01-01');
Результат:2005
SELECT EXTRACT(ISOYEAR FROM DATE '2006-01-02');
Результат:2006
```

Год по недельному календарю ISO начинается с понедельника недели, в которой оказывается 4 января, так что в начале января или в конце декабря год по ISO может отличаться от года по григорианскому календарю. Подробнее об этом рассказывается в описании поля `week`.

`julian`

Юлианская дата, соответствующая дате или дате/времени. Значение будет дробным, если заданное время отличается от начала суток по местному времени. За дополнительной информацией обратитесь к Разделу B.7.

```
SELECT EXTRACT(JULIAN FROM DATE '2006-01-01');
Результат:2453737
SELECT EXTRACT(JULIAN FROM TIMESTAMP '2006-01-01 12:00');
Результат:2453737.5
```

`microseconds`

Значение секунд с дробной частью, умноженное на 1 000 000; заметьте, что оно включает и целые секунды

```
SELECT EXTRACT(MICROSECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
Результат:28500000
```

`millennium`

Тысячелетие; для значений `interval` — значение поля года, разделённое на тысячу

```
SELECT EXTRACT(MILLENNIUM FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:3
SELECT EXTRACT(MILLENNIUM FROM INTERVAL '2001 years');
Результат:2
```

Годы 20 века относятся ко второму тысячелетию. Третье тысячелетие началось 1 января 2001 г.

`milliseconds`

Значение секунд с дробной частью, умноженное на 1 000; заметьте, что оно включает и целые секунды.

```
SELECT EXTRACT(MILLISECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
Результат:28500
```

`minute`

Минуты (0–59)

```
SELECT EXTRACT(MINUTE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:38
```

`month`

Номер месяца в году (1–12), а для `interval` — остаток от деления числа месяцев на 12 (0–11)

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:2
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 3 months');
Результат:3
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 13 months');
Результат:1
```

`quarter`

Квартал (1–4), к которому относится дата

```
SELECT EXTRACT(QUARTER FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:1
```

`second`

Секунды, включая дробную часть

```
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:40
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIME '17:12:28.5');
Результат:28.5
```

`timezone`

Смещение часового пояса от UTC, представленное в секундах. Положительные значения соответствуют часовым поясам к востоку от UTC, а отрицательные — к западу. (Строго говоря, в PostgreSQL используется не UTC, так как секунды координации не учитываются.)

`timezone_hour`

Поле часов в смещении часового пояса

`timezone_minute`

Поле минут в смещении часового пояса

`week`

Номер недели в году по недельному календарю ISO 8601. По определению, недели ISO 8601 начинаются с понедельника, а первая неделя года включает 4 января этого года. Другими словами, первый четверг года всегда оказывается в 1 неделе этого года.

В системе нумерации недель ISO первые числа января могут относиться к 52-ой или 53-ей неделе предыдущего года, а последние числа декабря — к первой неделе следующего года. Например, `2005-01-01` относится к 53-ей неделе 2004 г., а `2006-01-01` — к 52-ей неделе 2005 г., тогда как `2012-12-31` включается в первую неделю 2013 г. Поэтому для получения согласованных результатов рекомендуется использовать поле `isoyear` в паре с `week`.

```
SELECT EXTRACT(WEEK FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:7
```

`year`

Поле года. Учтите, что года `0` не было, и это следует иметь в виду, вычитая из годов нашей эры годы до нашей эры.

```
SELECT EXTRACT(YEAR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат: 2001

При обработке значения `interval` функция `extract` создаёт значения полей, соответствующие интерпретации, которая используется функцией вывода интервала. При этом, если начать с ненормализованного представления интервала, могут быть получены неожиданные результаты, например:

```
SELECT INTERVAL '80 minutes';
Результат: 01:20:00
SELECT EXTRACT(MINUTES FROM INTERVAL '80 minutes');
Результат: 20
```

> **Примечание**
>
> С аргументом +/-бесконечность `extract` возвращает +/-бесконечность для монотонно увеличивающихся полей (`epoch`, `julian`, `year`, `isoyear`, `decade`, `century` и `millennium`). Для других полей возвращается NULL. До версии 9.6 PostgreSQL возвращал ноль для всех случаев с бесконечными аргументами.

Функция `extract` в основном предназначена для вычислительных целей. Функции форматирования даты/времени описаны в Разделе 9.8.

Функция `date_part` эмулирует традиционный для Ingres эквивалент стандартной SQL-функции `extract`:

```
date_part('поле', источник)
```

Заметьте, что здесь параметр *поле* должен быть строковым значением, а не именем. Функция `date_part` воспринимает те же поля, что и `extract`.

```
SELECT date_part('day', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:16
SELECT date_part('hour', INTERVAL '4 hours 3 minutes');
Результат:4
```

9.9.2. date_trunc

Функция `date_trunc` работает подобно `trunc` для чисел.

```
date_trunc(поле, значение [, часовой_пояс ])
```

Здесь *значение* — выражение типа `timestamp`, `timestamp with time zone` или `interval`. (Значения типов `date` и `time` автоматически приводятся к типам `timestamp` и `interval`, соответственно.) Параметр *поле* определяет, до какой точности обрезать переданное значение. В возвращаемом значении, имеющем также тип `timestamp`, `timestamp with time zone` или `interval`, все поля, менее значимые, чем заданное, будут равны нулю (или одному, если это номер дня или месяца).

Параметр *поле* может принимать следующие значения:

```
microseconds
milliseconds
second
minute
hour
day
week
month
quarter
year
decade
```

```
century
millennium
```

Когда входное значение имеет тип `timestamp with time zone`, оно обрезается с учётом заданного часового пояса; например, если обрезать значение до поля `day` (день), в результате будет получена полночь в этом часовом поясе. По умолчанию входное значение обрезается с учётом параметра TimeZone, но дополнительный аргумент *`часовой_пояс`* позволяет выбрать и другой пояс. Название часового пояса может задаваться любым из способов, описанных в Подразделе 8.5.3.

Часовой пояс нельзя задать для значений типа `timestamp without time zone` или `interval`. Такие значения всегда воспринимаются как есть.

Несколько примеров (выбран часовой пояс `America/New_York`):

```
SELECT date_trunc('hour', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат: 2001-02-16 20:00:00
SELECT date_trunc('year', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат: 2001-01-01 00:00:00
SELECT date_trunc('day', TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2001-02-16 20:38:40+00');
Результат: 2001-02-16 00:00:00-05
SELECT date_trunc('day', TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2001-02-16 20:38:40+00', 'Australia/
Sydney');
Результат: 2001-02-16 08:00:00-05
SELECT date_trunc('hour', INTERVAL '3 days 02:47:33');
Результат: 3 days 02:00:00
```

9.9.3. AT TIME ZONE

Оператор `AT TIME ZONE` преобразует дату/время *без* часового пояса в дату/время *с* часовым поясом и обратно, а также пересчитывает значения `time with time zone` для различных часовых поясов. Его вариации показаны в Таблице 9.33.

Таблица 9.33. Разновидности `AT TIME ZONE`

Оператор Описание Пример(ы)

`timestamp without time zone AT TIME ZONE` *`часовой_пояс`* → `timestamp with time zone`
Переводит значение даты/времени *без* часового пояса в дату/время *с* часовым поясом, в предположении, что входное значение задано в указанном поясе.
`timestamp '2001-02-16 20:38:40' at time zone 'America/Denver'` → `2001-02-17 03:38:40+00`

`timestamp with time zone AT TIME ZONE` *`часовой_пояс`* → `timestamp without time zone`
Переводит значение даты/времени *с* часовым поясом в дату/время *без* часового пояса, которое соответствует входному значению в указанном поясе.
`timestamp with time zone '2001-02-16 20:38:40-05' at time zone 'America/Denver'` → `2001-02-16 18:38:40`

`time with time zone AT TIME ZONE` *`часовой_пояс`* → `time with time zone`
Переводит значение времени *с* часовым поясом в другой часовой пояс. Так как время задаётся без даты, в расчёте используется действующее в данный момент смещение указанного часового пояса от UTC.
`time with time zone '05:34:17-05' at time zone 'UTC'` → `10:34:17+00`

В этих выражениях желаемый *`часовой_пояс`* можно задать либо в виде текстовой строки (например, `'America/Los_Angeles'`), либо как интервал (например, `INTERVAL '-08:00'`). В первом случае название часового пояса можно указать любым из способов, описанных в Подразделе 8.5.3. Вариант с интервалом полезен, только если для часового пояса смещение от UTC всегда постоянно, что на практике встречается нечасто.

Примеры (параметр TimeZone имеет значение `America/Los_Angeles`):

```
SELECT TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40' AT TIME ZONE 'America/Denver';
Результат: 2001-02-16 19:38:40-08
SELECT TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2001-02-16 20:38:40-05' AT TIME ZONE 'America/Denver';
Результат: 2001-02-16 18:38:40
SELECT TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40' AT TIME ZONE 'Asia/Tokyo' AT TIME ZONE 'America/
Chicago';
Результат: 2001-02-16 05:38:40
```

В первом примере для значения, заданного без часового пояса, указывается часовой пояс и полученное время выводится в текущем часовом поясе (заданном параметром `TimeZone`). Во втором примере значение времени смещается в заданный часовой пояс и выдаётся без указания часового пояса. Это позволяет хранить и выводить значения с часовым поясом, отличным от текущего. В третьем примере время в часовом поясе Токио преобразуется для часового пояса Чикаго.

Функция `timezone(`*`часовой_пояс`*`, `*`время`*`)` равнозначна SQL-совместимой конструкции *`время`* `AT TIME ZONE` *`часовой_пояс`*.

9.9.4. Текущая дата/время

PostgreSQL предоставляет набор функций, результат которых зависит от текущей даты и времени. Все следующие функции соответствуют стандарту SQL и возвращают значения, отражающие время начала текущей транзакции:

```
CURRENT_DATE
CURRENT_TIME
CURRENT_TIMESTAMP
CURRENT_TIME(точность)
CURRENT_TIMESTAMP(точность)
LOCALTIME
LOCALTIMESTAMP
LOCALTIME(точность)
LOCALTIMESTAMP(точность)
```

`CURRENT_TIME` и `CURRENT_TIMESTAMP` возвращают время с часовым поясом. В результатах `LOCALTIME` и `LOCALTIMESTAMP` нет информации о часовом поясе.

`CURRENT_TIME`, `CURRENT_TIMESTAMP`, `LOCALTIME` и `LOCALTIMESTAMP` могут принимать необязательный параметр точности, определяющий, до какого знака после запятой следует округлять поле секунд. Если этот параметр отсутствует, результат будет иметь максимально возможную точность.

Несколько примеров:

```
SELECT CURRENT_TIME;
Результат: 14:39:53.662522-05
SELECT CURRENT_DATE;
Результат: 2019-12-23
SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
Результат: 2019-12-23 14:39:53.662522-05
SELECT CURRENT_TIMESTAMP(2);
Результат: 2019-12-23 14:39:53.66-05
SELECT LOCALTIMESTAMP;
Результат: 2019-12-23 14:39:53.662522
```

Так как эти функции возвращают время начала текущей транзакции, во время транзакции эти значения не меняются. Это считается не ошибкой, а особенностью реализации: цель такого поведения в том, чтобы в одной транзакции «текущее» время было одинаковым и для разных изменений в одной транзакций записывалась одна отметка времени.

> **Примечание**
>
> В других СУБД эти значения могут изменяться чаще.

В PostgreSQL есть также функции, возвращающие время начала текущего оператора, а также текущее время в момент вызова функции. Таким образом, в PostgreSQL есть следующие функции, не описанные в стандарте SQL:

```
transaction_timestamp()
statement_timestamp()
clock_timestamp()
timeofday()
now()
```

Функция `transaction_timestamp()` равнозначна конструкции `CURRENT_TIMESTAMP`, но в её названии явно отражено, что она возвращает. Функция `statement_timestamp()` возвращает время начала текущего оператора (более точно, время получения последнего командного сообщения от клиента). Функции `statement_timestamp()` и `transaction_timestamp()` возвращают одно и то же значение в первом операторе транзакции, но в последующих операторах их показания будут расходиться. Функция `clock_timestamp()` возвращает фактическое текущее время, так что её значение меняется в рамках одного оператора SQL. Функция `timeofday()` существует в PostgreSQL по историческим причинам и, подобно `clock_timestamp()`, она возвращает фактическое текущее время, но представленное в виде форматированной строки типа `text`, а не значения `timestamp with time zone`. Функция `now()` — традиционный для PostgreSQL эквивалент функции `transaction_timestamp()`.

Все типы даты/времени также принимают специальное буквальное значение `now`, подразумевающее текущую дату и время (тоже на момент начала транзакции). Таким образом, результат следующих трёх операторов будет одинаковым:

```
SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
SELECT now();
SELECT TIMESTAMP 'now';  -- см. замечание ниже
```

> **Подсказка**
>
> Не используйте третью форму для указания значения, которое будет вычисляться позднее, например, в предложении `DEFAULT` для столбца таблицы. Система преобразует `now` в значение `timestamp` в момент разбора константы, поэтому когда будет вставляться такое значение по умолчанию, в соответствующем столбце окажется время создания таблицы! Первые две формы будут вычисляться, только когда значение по умолчанию потребуется, так как это вызовы функции. Поэтому они дадут желаемый результат при добавлении строки в таблицу. (См. также Подраздел 8.5.1.4.)

9.9.5. Задержка выполнения

В случае необходимости выполнение серверного процесса можно приостановить, используя следующие функции:

```
pg_sleep( double precision )
pg_sleep_for( interval )
pg_sleep_until( timestamp with time zone )
```

Функция `pg_sleep` переводит процесс текущего сеанса в спящее состояние на указанное число секунд (это число может быть дробным). В дополнение к ней для удобства добавлены две функции: `pg_sleep_for`, принимающая время задержки в типе `interval`, и `pg_sleep_until`, позволяющая задать определённое время выхода из спящего состояния. Например:

```
SELECT pg_sleep(1.5);
```

```
SELECT pg_sleep_for('5 minutes');
SELECT pg_sleep_until('tomorrow 03:00');
```

> **Примечание**
>
> Действительное разрешение интервала задержки зависит от платформы; обычно это 0.01. Фактическая длительность задержки не будет меньше указанного времени, но может быть больше, в зависимости, например от нагрузки на сервер. В частности, не гарантируется, что `pg_sleep_until` проснётся именно в указанное время, но она точно не проснётся раньше.

> **Предупреждение**
>
> Прежде чем вызывать `pg_sleep` или её вариации, убедитесь в том, что в текущем сеансе нет ненужных блокировок. В противном случае в состояние ожидания могут перейти и другие сеансы, так что это отразится на системе в целом.

9.10. Функции для перечислений

Для типов перечислений (описанных в Разделе 8.7) предусмотрено несколько функций, которые позволяют сделать код чище, не «зашивая» в нём конкретные значения перечисления. Эти функции перечислены в Таблице 9.34. В этих примерах подразумевается, что перечисление создано так:

```
CREATE TYPE rainbow AS ENUM ('red', 'orange', 'yellow', 'green', 'blue', 'purple');
```

Таблица 9.34. Функции для перечислений

Функция Описание Пример(ы)

`enum_first ( anyenum ) → anyenum`
Возвращает первое значение заданного перечисления.
`enum_first(null::rainbow)` → `red`

`enum_last ( anyenum ) → anyenum`
Возвращает последнее значение заданного перечисления.
`enum_last(null::rainbow)` → `purple`

`enum_range ( anyenum ) → anyarray`
Возвращает все значения заданного перечисления в упорядоченном массиве.
`enum_range(null::rainbow)` → `{red,orange,yellow,green,blue,purple}`

`enum_range ( anyenum, anyenum ) → anyarray`
Возвращает набор значений перечисления, лежащих между двумя заданными, в виде упорядоченного массива. Значения в параметрах должны принадлежать одному перечислению. Если в первом параметре передаётся NULL, результат функции начинается с первого значения перечисления, а если во втором — заканчивается последним.
`enum_range('orange'::rainbow, 'green'::rainbow)` → `{orange,yellow,green}`
`enum_range(NULL, 'green'::rainbow)` → `{red,orange,yellow,green}`
`enum_range('orange'::rainbow, NULL)` → `{orange,yellow,green,blue,purple}`

Заметьте, что за исключением варианта `enum_range` с двумя аргументами, эти функции не обращают внимание на конкретное переданное им значение; их интересует только объявленный тип. Они возвращают один и тот же результат, когда им передаётся NULL или любое другое значение типа. Обычно эти функции применяются к столбцам таблицы или аргументам внешних функций, а не к предопределённым типам, как в этих примерах.

9.11. Геометрические функции и операторы

Для геометрических типов `point`, `box`, `lseg`, `line`, `path`, `polygon` и `circle` разработан большой набор встроенных функций и операторов, представленный в Таблице 9.35, Таблице 9.36 и Таблице 9.37.

Таблица 9.35. Геометрические операторы

Оператор Описание Пример(ы)
геометрический_тип `+ point` → *геометрический_тип* Добавляет координаты второго аргумента типа `point` к каждой точке первого аргумента, осуществляя таким образом перенос объекта. Имеется для типов `point`, `box`, `path` и `circle`. `box '(1,1),(0,0)' + point '(2,0)'` → `(3,1),(2,0)`

`path + path` → `path`
Соединяет два открытых пути (если один из путей замкнутый, возвращает NULL).
`path '[(0,0),(1,1)]' + path '[(2,2),(3,3),(4,4)]'` → `[(0,0),(1,1),(2,2),(3,3),(4,4)]`

геометрический_тип `- point` → *геометрический_тип* Вычитает координаты второго аргумента типа `point` из каждой точки первого аргумента, осуществляя таким образом перенос объекта. Имеется для типов `point`, `box`, `path` и `circle`. `box '(1,1),(0,0)' - point '(2,0)'` → `(-1,1),(-2,0)`

геометрический_тип `* point` → *геометрический_тип*
Умножает координаты каждой точки первого аргумента на координаты второго аргумента типа `point` (координаты точек воспринимаются как комплексные числа с вещественной и мнимой частью, результатом становится их обычное комплексное произведение). Если же рассматривать вторую точку как вектор, данная операция равнозначна умножению размера объекта и расстояния от начала координат на длину вектора с поворотом против часовой стрелки относительно начала координат на угол, равный углу между вектором и осью *x*. Имеется для типов `point`, `box`,[a] `path`, `circle`.
`path '((0,0),(1,0),(1,1))' * point '(3.0,0)'` → `((0,0),(3,0),(3,3))`
`path '((0,0),(1,0),(1,1))' * point(cosd(45), sind(45))` → `((0,0),(0.7071067811865475,0.7071067811865475),(0,1.414213562373095))`

геометрический_тип `/ point` → *геометрический_тип*
Делит координаты каждой точки первого аргумента на координаты второго аргумента типа `point` (координаты точек воспринимаются как комплексные числа с вещественной и мнимой частью, результатом становится их обычное комплексное частное). Если же рассматривать вторую точку как вектор, данная операция равнозначна делению размера объекта и расстояния от начала координат на длину вектора с поворотом по часовой стрелке относительно начала координат на угол, равный углу между вектором и осью *x*. Имеется для типов `point`, `box`,[a] `path`, `circle`.
`path '((0,0),(1,0),(1,1))' / point '(2.0,0)'` → `((0,0),(0.5,0),(0.5,0.5))`
`path '((0,0),(1,0),(1,1))' / point(cosd(45), sind(45))` → `((0,0),(0.7071067811865476,-0.7071067811865476),(1.4142135623730951,0))`

`@-@` *геометрический_тип* → `double precision`
Вычисляет общую длину. Имеется для типов `lseg`, `path`.
`@-@ path '[(0,0),(1,0),(1,1)]'` → `2`

Оператор **Описание** **Пример(ы)**

`@@` *геометрический_тип* → `point`
Вычисляет центральную точку. Имеется для типов `box`, `lseg`, `polygon`, `circle`.
`@@ box '(2,2),(0,0)'` → `(1,1)`

`#` *геометрический_тип* → `integer`
Возвращает количество точек. Имеется для типов `path`, `polygon`.
`# path '((1,0),(0,1),(-1,0))'` → `3`

геометрический_тип `#` *геометрический_тип* → `point` Вычисляет точку пересечения, а если пересечения нет, возвращает NULL. Имеется для типов `lseg`, `line`. `lseg '[(0,0),(1,1)]' # lseg '[(1,0),(0,1)]'` → `(0.5,0.5)`

`box # box` → `box`
Вычисляет пересечение двух прямоугольников, а если пересечения нет, возвращает NULL.
`box '(2,2),(-1,-1)' # box '(1,1),(-2,-2)'` → `(1,1),(-1,-1)`

геометрический_тип `##` *геометрический_тип* → `point` Вычисляет ближайшую к первому объекту точку, принадлежащую второму объекту. Имеется для следующих пар типов: (`point`, `box`), (`point`, `lseg`), (`point`, `line`), (`lseg`, `box`), (`lseg`, `lseg`), (`line`, `lseg`). `point '(0,0)' ## lseg '[(2,0),(0,2)]'` → `(1,1)`
геометрический_тип `<->` *геометрический_тип* → `double precision` Вычисляет расстояние между объектами. Имеется для всех геометрических типов кроме `polygon`, для всех сочетаний типа `point` с другим геометрическим типом, а также для следующих пар типов: (`box`, `lseg`), (`lseg`, `line`), (`polygon`, `circle`) (и пар с обратным порядком). `circle '<(0,0),1>' <-> circle '<(5,0),1>'` → `3`
геометрический_тип `@>` *геометрический_тип* → `boolean` Первый объект содержит второй? Имеется для следующих пар типов: (`box`, `point`), (`box`, `box`), (`path`, `point`), (`polygon`, `point`), (`polygon`, `polygon`), (`circle`, `point`), (`circle`, `circle`). `circle '<(0,0),2>' @> point '(1,1)'` → `t`
геометрический_тип `<@` *геометрический_тип* → `boolean` Первый объект содержится во втором? Имеется для следующих пар типов: (`point`, `box`), (`point`, `lseg`), (`point`, `line`), (`point`, `path`), (`point`, `polygon`), (`point`, `circle`), (`box`, `box`), (`lseg`, `box`), (`lseg`, `line`), (`polygon`, `polygon`), (`circle`, `circle`). `point '(1,1)' <@ circle '<(0,0),2>'` → `t`
геометрический_тип `&&` *геометрический_тип* → `boolean` Объекты пересекаются? (Для выполнения этого условия достаточно одной общей точки.) Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`. `box '(1,1),(0,0)' && box '(2,2),(0,0)'` → `t`
геометрический_тип `<<` *геометрический_тип* → `boolean` Первый объект строго слева от второго? Имеется для типов `point`, `box`, `polygon`, `circle`. `circle '<(0,0),1>' << circle '<(5,0),1>'` → `t`
геометрический_тип `>>` *геометрический_тип* → `boolean` Первый объект строго справа от второго? Имеется для типов `point`, `box`, `polygon`, `circle`. `circle '<(5,0),1>' >> circle '<(0,0),1>'` → `t`

Оператор
Описание
Пример(ы)

геометрический_тип `&<` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект не простирается правее второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(1,1),(0,0)' &< box '(2,2),(0,0)'` → `t`

геометрический_тип `&>` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект не простирается левее второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(3,3),(0,0)' &> box '(2,2),(0,0)'` → `t`

геометрический_тип `<<|` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект строго ниже второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(3,3),(0,0)' <<| box '(5,5),(3,4)'` → `t`

геометрический_тип `|>>` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект строго выше второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(5,5),(3,4)' |>> box '(3,3),(0,0)'` → `t`

геометрический_тип `&<|` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект не простирается выше второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(1,1),(0,0)' &<| box '(2,2),(0,0)'` → `t`

геометрический_тип `|&>` *геометрический_тип* → `boolean`

Первый объект не простирается ниже второго? Имеется для типов `box`, `polygon`, `circle`.

`box '(3,3),(0,0)' |&> box '(2,2),(0,0)'` → `t`

`box <^ box` → `boolean`

Первый объект ниже (или касается снизу) второго?

`box '((1,1),(0,0))' <^ box '((2,2),(1,1))'` → `t`

`point <^ point` → `boolean`

Первый объект строго ниже второго? (Обозначение оператора ошибочно, корректным было бы `<<|`.)

`point '(1,0)' <^ point '(1,1)'` → `t`

`box >^ box` → `boolean`

Первый объект выше (или касается сверху) второго?

`box '((2,2),(1,1))' >^ box '((1,1),(0,0))'` → `t`

`point >^ point` → `boolean`

Первый объект строго выше второго? (Обозначение оператора ошибочно, корректным было бы `|>>`.)

`point '(1,1)' >^ point '(1,0)'` → `t`

геометрический_тип `?#` *геометрический_тип* → `boolean`

Объекты пересекаются? Имеется для следующих пар типов: (`box`, `box`), (`lseg`, `box`), (`lseg`, `lseg`), (`lseg`, `line`), (`line`, `box`), (`line`, `line`), (`path`, `path`).

`lseg '[(-1,0),(1,0)]' ?# box '(2,2),(-2,-2)'` → `t`

`?- line` → `boolean`

`?- lseg` → `boolean`

Линия является горизонтальной?

`?- lseg '[(-1,0),(1,0)]'` → `t`

`point ?- point` → `boolean`

Точки выровнены по горизонтали (имеют одинаковую координату y)?

Оператор Описание Пример(ы)
point '(1,0)' ?- point '(0,0)' → t
?| line → boolean ?| lseg → boolean Линия является вертикальной? ?| lseg '[(-1,0),(1,0)]' → f
point ?| point → boolean Точки выровнены по вертикали (имеют одинаковую координату x)? point '(0,1)' ?| point '(0,0)' → t
line ?-| line → boolean lseg ?-| lseg → boolean Линии перпендикулярны? lseg '[(0,0),(0,1)]' ?-| lseg '[(0,0),(1,0)]' → t
line ?|| line → boolean lseg ?|| lseg → boolean Линии параллельны? lseg '[(-1,0),(1,0)]' ?|| lseg '[(-1,2),(1,2)]' → t
геометрический_тип ~= *геометрический_тип* → boolean Объекты совпадают? Имеется для типов point, box, polygon, circle. polygon '((0,0),(1,1))' ~= polygon '((1,1),(0,0))' → t

[a]При «повороте» прямоугольника эти операторы только перемещают его угловые точки: стороны прямоугольника считаются всегда параллельными осям. Таким образом, эта операция, в отличие от настоящего поворота, изменяет размер прямоугольника.

Внимание

Заметьте, что оператор «идентичности», ~=, представляет собой обычную проверку равенства значений point, box, polygon и circle. Для некоторых геометрических типов определён также оператор =, но = проверяет только равенство *площадей*. Другие скалярные операторы сравнения (<= и т. д.) для тех типов, для которых они реализованы, тоже сравнивают площади.

Примечание

До PostgreSQL 8.2 операторы включения @> и <@ назывались соответственно ~ и @. Эти имена по-прежнему доступны, но считаются устаревшими и в конце концов будут удалены.

Таблица 9.36. Геометрические функции

Функция Описание Пример(ы)
area (*геометрический_тип*) → double precision Вычисляет площадь. Имеется для типов box, path, circle. Путь, переданный в аргументе типа path, должен быть замкнутым; в противном случае возвращается NULL. Если же путь является самопересекающимся, результат может не иметь смысла. area(box '(2,2),(0,0)') → 4
center (*geometric_type*) → point

Функция **Описание** **Пример(ы)**
Вычисляет центральную точку. Имеется для типов box, circle. `center(box '(1,2),(0,0)')` → `(0.5,1)`

`diagonal ( box ) → lseg`
Вычисляет диагональ прямоугольника в виде отрезка (аналогично `lseg(box)`).
`diagonal(box '(1,2),(0,0)')` → `[(1,2),(0,0)]`

`diameter ( circle ) → double precision`
Вычисляет диаметр круга.
`diameter(circle '<(0,0),2>')` → `4`

`height ( box ) → double precision`
Вычисляет вертикальный размер прямоугольника.
`height(box '(1,2),(0,0)')` → `2`

`isclosed ( path ) → boolean`
Путь является замкнутым?
`isclosed(path '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `t`

`isopen ( path ) → boolean`
Путь является открытым?
`isopen(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` → `t`

`length (` *геометрический_тип* `) → double precision`
Вычисляет общую длину. Имеется для типов lseg, path.
`length(path '((-1,0),(1,0))')` → `4`

`npoints (` *геометрический_тип* `) → integer`
Возвращает количество точек. Имеется для типов path, polygon.
`npoints(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` → `3`

`pclose ( path ) → path`
Преобразует путь в замкнутый.
`pclose(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')` → `((0,0),(1,1),(2,0))`

`popen ( path ) → path`
Преобразует путь в открытый.
`popen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `[(0,0),(1,1),(2,0)]`

`radius ( circle ) → double precision`
Вычисляет радиус окружности.
`radius(circle '<(0,0),2>')` → `2`

`slope ( point, point ) → double precision`
Вычисляет наклон линии, проведённой через две точки.
`slope(point '(0,0)', point '(2,1)')` → `0.5`

`width ( box ) → double precision`
Вычисляет горизонтальный размер прямоугольника.
`width(box '(1,2),(0,0)')` → `1`

Таблица 9.37. Функции преобразования геометрических типов

Функция Описание Пример(ы)

`box ( circle ) → box`
Вычисляет прямоугольник, вписанный в окружность.
`box(circle '<(0,0),2>')` → `(1.414213562373095,1.414213562373095),(-1.414213562373095,-1.414213562373095)`

`box ( point ) → box`
Преобразует точку в пустой прямоугольник.
`box(point '(1,0)')` → `(1,0),(1,0)`

`box ( point, point ) → box`
Преобразует две угловые точки в прямоугольник.
`box(point '(0,1)', point '(1,0)')` → `(1,1),(0,0)`

`box ( polygon ) → box`
Вычисляет окружающий прямоугольник для многоугольника.
`box(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `(2,1),(0,0)`

`bound_box ( box, box ) → box`
Вычисляет окружающий прямоугольник для двух прямоугольников.
`bound_box(box '(1,1),(0,0)', box '(4,4),(3,3)')` → `(4,4),(0,0)`

`circle ( box ) → circle`
Вычисляет минимальную окружность, описанную около прямоугольника.
`circle(box '(1,1),(0,0)')` → `<(0.5,0.5),0.7071067811865476>`

`circle ( point, double precision ) → circle`
Формирует окружность по точке, задающей центр, и радиусу.
`circle(point '(0,0)', 2.0)` → `<(0,0),2>`

`circle ( polygon ) → circle`
Преобразует многоугольник в окружность. Центром окружности будет средняя точка для всех точек многоугольника, а радиусом среднее расстояние от этого центра до точек многоугольника.
`circle(polygon '((0,0),(1,3),(2,0))')` → `<(1,1),1.6094757082487299>`

`line ( point, point ) → line`
Преобразует две точки в проходящую через них линию.
`line(point '(-1,0)', point '(1,0)')` → `{0,-1,0}`

`lseg ( box ) → lseg`
Вычисляет диагональ прямоугольника в виде отрезка.
`lseg(box '(1,0),(-1,0)')` → `[(1,0),(-1,0)]`

`lseg ( point, point ) → lseg`
Формирует отрезок по двум точкам.
`lseg(point '(-1,0)', point '(1,0)')` → `[(-1,0),(1,0)]`

`path ( polygon ) → path`
Преобразует многоугольник в замкнутый путь с тем же набором точек.
`path(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `((0,0),(1,1),(2,0))`

`point ( double precision, double precision ) → point`
Формирует точку по заданным координатам.
`point(23.4, -44.5)` → `(23.4,-44.5)`

Функция **Описание** **Пример(ы)**

`point` (`box`) → `point`
Вычисляет центр прямоугольника.
`point(box '(1,0),(-1,0)')` → `(0,0)`

`point` (`circle`) → `point`
Вычисляет центр окружности.
`point(circle '<(0,0),2>')` → `(0,0)`

`point` (`lseg`) → `point`
Вычисляет середину отрезка.
`point(lseg '[(-1,0),(1,0)]')` → `(0,0)`

`point` (`polygon`) → `point`
Вычисляет центр многоугольника (среднее арифметическое по координатам его точек).
`point(polygon '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `(1,0.3333333333333333)`

`polygon` (`box`) → `polygon`
Преобразует прямоугольник в многоугольник с 4 вершинами.
`polygon(box '(1,1),(0,0)')` → `((0,0),(0,1),(1,1),(1,0))`

`polygon` (`circle`) → `polygon`
Преобразует круг в многоугольник с 12 вершинами.
`polygon(circle '<(0,0),2>')` → `((-2,0),(-1.7320508075688774, 0.9999999999999999),(-1.0000000000000002,1.7320508075688772),(-1.2246063538223773e-16,2),(0.9999999999999996,1.7320508075688774), (1.732050807568877,1.0000000000000007),(2,2.4492127076447545e-16), (1.7320508075688776,-0.9999999999999994),(1.0000000000000009, -1.7320508075688767),(3.673819061467132e-16,-2),(-0.9999999999999987, -1.732050807568878),(-1.7320508075688767,-1.0000000000000009))`

`polygon` (`integer`, `circle`) → `polygon`
Преобразует окружность в многоугольник с *n* вершинами.
`polygon(4, circle '<(3,0),1>')` → `((2,0),(3,1),(4, 1.2246063538223773e-16),(3,-1))`

`polygon` (`path`) → `polygon`
Преобразует замкнутый путь в многоугольник с тем же набором точек.
`polygon(path '((0,0),(1,1),(2,0))')` → `((0,0),(1,1),(2,0))`

К двум компонентам типа `point` (точка) можно обратиться, как к элементам массива с индексами 0 и 1. Например, если `t.p` — столбец типа `point`, `SELECT p[0] FROM t` вернёт координату X, а `UPDATE t SET p[1] = ...` изменит координату Y. Таким же образом, значение типа `box` или `lseg` можно воспринимать как массив двух значений типа `point`.

9.12. Функции и операторы для работы с сетевыми адресами

Типы `cidr` и `inet`, предназначенные для сетевых IP-адресов, поддерживают обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1, а также специализированные операторы и функции, показанные в Таблице 9.38 и Таблице 9.39.

Любое значение `cidr` можно привести к типу `inet` неявно, поэтому все функции, показанные выше с типом `inet`, также будут работать со значениями `cidr`. (То, что некоторые из функций описаны для типов `inet` и `cidr` в отдельности, объясняется тем, что их поведение с разными типами различается.) Кроме того, значение `inet` тоже можно привести к типу `cidr`. При этом все биты справа от сетевой маски просто обнуляются, чтобы значение стало допустимым для типа `cidr`.

Таблица 9.38. Операторы для работы с IP-адресами

Оператор **Описание** **Пример(ы)**

`inet << inet → boolean`
Первая подсеть содержится во второй и не равна ей? Этот оператор и следующие четыре проверяют вхождение одной сети в другую или их равенство, при этом рассматривая в адресах только компонент сети (биты справа от сетевой маски игнорируются).
`inet '192.168.1.5' << inet '192.168.1/24'` → `t`
`inet '192.168.0.5' << inet '192.168.1/24'` → `f`
`inet '192.168.1/24' << inet '192.168.1/24'` → `f`

`inet <<= inet → boolean`
Первая подсеть содержится во второй или равна ей?
`inet '192.168.1/24' <<= inet '192.168.1/24'` → `t`

`inet >> inet → boolean`
Первая подсеть содержит вторую подсеть и не равна ей?
`inet '192.168.1/24' >> inet '192.168.1.5'` → `t`

`inet >>= inet → boolean`
Первая подсеть содержит вторую подсеть или равна ей?
`inet '192.168.1/24' >>= inet '192.168.1/24'` → `t`

`inet && inet → boolean`
Одна из двух подсетей содержит другую или равна ей?
`inet '192.168.1/24' && inet '192.168.1.80/28'` → `t`
`inet '192.168.1/24' && inet '192.168.2.0/28'` → `f`

`~ inet → inet`
Вычисляет результат побитового НЕ.
`~ inet '192.168.1.6'` → `63.87.254.249`

`inet & inet → inet`
Вычисляет результат побитового И.
`inet '192.168.1.6' & inet '0.0.0.255'` → `0.0.0.6`

`inet | inet → inet`
Вычисляет результат побитового ИЛИ.
`inet '192.168.1.6' | inet '0.0.0.255'` → `192.168.1.255`

`inet + bigint → inet`
Добавляет смещение к адресу.
`inet '192.168.1.6' + 25` → `192.168.1.31`

`bigint + inet → inet`
Добавляет смещение к адресу.
`200 + inet '::ffff:fff0:1'` → `::ffff:255.240.0.201`

`inet - bigint → inet`
Вычитает смещение из адреса.
`inet '192.168.1.43' - 36` → `192.168.1.7`

`inet - inet → bigint`

Оператор Описание Пример(ы)

Вычисляет разность двух адресов.
`inet '192.168.1.43' - inet '192.168.1.19'` → `24`
`inet '::1' - inet '::ffff:1'` → `-4294901760`

Таблица 9.39. Функции для работы с IP-адресами

Функция Описание Пример(ы)

`abbrev` (`inet`) → `text`
Выводит адрес в сокращённом текстовом виде. (Результат не отличается от того, что даёт функция вывода `inet`; «сокращённым» он является только в сравнении с явным приведением к типу `text`, которое по историческим причинам не убирает компонент маски сети).
`abbrev(inet '10.1.0.0/32')` → `10.1.0.0`

`abbrev` (`cidr`) → `text`
Выводит адрес в сокращённом текстовом виде. (Сокращение заключается в отбрасывании полностью нулевых октетов в конце сетевой маски; другие примеры приведены в Таблице 8.22.)
`abbrev(cidr '10.1.0.0/16')` → `10.1/16`

`broadcast` (`inet`) → `inet`
Вычисляет широковещательный адрес для сети.
`broadcast(inet '192.168.1.5/24')` → `192.168.1.255/24`

`family` (`inet`) → `integer`
Выдаёт семейство адреса: `4` для адресов IPv4, `6` для адресов IPv6.
`family(inet '::1')` → `6`

`host` (`inet`) → `text`
Выдаёт IP-адрес в текстовом виде, опуская маску сети.
`host(inet '192.168.1.0/24')` → `192.168.1.0`

`hostmask` (`inet`) → `inet`
Вычисляет маску узла для сети в заданном адресе.
`hostmask(inet '192.168.23.20/30')` → `0.0.0.3`

`inet_merge` (`inet`, `inet`) → `cidr`
Вычисляет наименьшую сеть, содержащую обе заданные сети.
`inet_merge(inet '192.168.1.5/24', inet '192.168.2.5/24')` → `192.168.0.0/22`

`inet_same_family` (`inet`, `inet`) → `boolean`
Проверяет, относятся ли адреса к одному семейству IP?
`inet_same_family(inet '192.168.1.5/24', inet '::1')` → `f`

`masklen` (`inet`) → `integer`
Выдаёт длину маски сети в битах.
`masklen(inet '192.168.1.5/24')` → `24`

`netmask` (`inet`) → `inet`
Вычисляет маску сети для заданного адреса.
`netmask(inet '192.168.1.5/24')` → `255.255.255.0`

`network` (`inet`) → `cidr`

Функция Описание Пример(ы)
Выдаёт компонент сети для заданного адреса, обнуляя все биты справа от маски сети. (Это равнозначно приведению значения к типу `cidr`.) `network(inet '192.168.1.5/24')` → `192.168.1.0/24`

`set_masklen` (`inet`, `integer`) → `inet`
Задаёт размер маски сети для значения `inet`. Компонент адреса при этом не меняется.
`set_masklen(inet '192.168.1.5/24', 16)` → `192.168.1.5/16`

`set_masklen` (`cidr`, `integer`) → `cidr`
Задаёт размер маски сети для значения `cidr`. Биты адреса справа от новой маски при этом обнуляются.
`set_masklen(cidr '192.168.1.0/24', 16)` → `192.168.0.0/16`

`text` (`inet`) → `text`
Выдаёт несокращённый IP-адрес и размер маски в виде текста. (Такой же результат получается при явном приведении к типу `text`.)
`text(inet '192.168.1.5')` → `192.168.1.5/32`

Подсказка

Функции `abbrev`, `host` и `text` предназначены в основном для вывода IP-адресов в альтернативных текстовых форматах.

Типы MAC-адресов `macaddr` и `macaddr8` поддерживают обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1, а также специализированные функции, показанные в Таблице 9.40. Кроме того, они поддерживают битовые логические операторы: `~`, `&` и `|` (НЕ, И, ИЛИ), показанные выше для IP-адресов.

Таблица 9.40. Функции для работы с MAC-адресами

Функция Описание Пример(ы)

`trunc` (`macaddr`) → `macaddr`
Обнуляет три последних байта адреса. Оставшийся префикс можно сопоставить с конкретным производителем сетевой карты (в PostgreSQL необходимой для этого информации нет).
`trunc(macaddr '12:34:56:78:90:ab')` → `12:34:56:00:00:00`

`trunc` (`macaddr8`) → `macaddr8`
Обнуляет 5 последних байт адреса. Оставшийся префикс можно сопоставить с конкретным производителем сетевой карты (в PostgreSQL необходимой для этого информации нет).
`trunc(macaddr8 '12:34:56:78:90:ab:cd:ef')` → `12:34:56:00:00:00:00:00`

`macaddr8_set7bit` (`macaddr8`) → `macaddr8`
Устанавливает в 7 бите адреса единицу, получая тем самым так называемый модифицированный адрес EUI-64 для включения в адрес IPv6.
`macaddr8_set7bit(macaddr8 '00:34:56:ab:cd:ef')` → `02:34:56:ff:fe:ab:cd:ef`

9.13. Функции и операторы текстового поиска

В Таблице 9.41, Таблице 9.42 и Таблице 9.43 собраны все существующие функции и операторы, предназначенные для полнотекстового поиска. Во всех деталях возможности полнотекстового поиска в PostgreSQL описаны в Главе 12.

Таблица 9.41. Операторы текстового поиска

<table>
<tr><th>Оператор</th><th>Описание</th><th>Пример(ы)</th></tr>
<tr><td>tsvector @@ tsquery → boolean
tsquery @@ tsvector → boolean</td><td>Аргумент tsvector соответствует аргументу tsquery? (Аргументы могут передаваться в любом порядке.)</td><td>to_tsvector('fat cats ate rats') @@ to_tsquery('cat & rat') → t</td></tr>
<tr><td>text @@ tsquery → boolean</td><td>Переданная текстовая строка, неявно преобразованная функцией to_tsvector(), соответствует tsquery?</td><td>'fat cats ate rats' @@ to_tsquery('cat & rat') → t</td></tr>
<tr><td>tsvector @@@ tsquery → boolean
tsquery @@@ tsvector → boolean</td><td>Это устаревший синоним для @@.</td><td>to_tsvector('fat cats ate rats') @@@ to_tsquery('cat & rat') → t</td></tr>
<tr><td>tsvector || tsvector → tsvector</td><td>Соединяет два значения tsvector. Если в обоих значениях содержатся позиции лексем, позиции во втором при совмещении корректируются.</td><td>'a:1 b:2'::tsvector || 'c:1 d:2 b:3'::tsvector → 'a':1 'b':2,5 'c':3 'd':4</td></tr>
<tr><td>tsquery && tsquery → tsquery</td><td>Вычисляет конъюнкцию двух значений tsquery, получая тем самым запрос, которому будут соответствовать документы, соответствующие обоим входным запросам.</td><td>'fat | rat'::tsquery && 'cat'::tsquery → ('fat' | 'rat') & 'cat'</td></tr>
<tr><td>tsquery || tsquery → tsquery</td><td>Вычисляет дизъюнкцию двух значений tsquery, получая тем самым запрос, которому будут соответствовать документы, соответствующие любому из входных запросов.</td><td>'fat | rat'::tsquery || 'cat'::tsquery → 'fat' | 'rat' | 'cat'</td></tr>
<tr><td>!! tsquery → tsquery</td><td>Вычисляет отрицание tsquery, получая тем самым запрос, которому будут соответствовать документы, не соответствующие входному запросу.</td><td>!! 'cat'::tsquery → !'cat'</td></tr>
<tr><td>tsquery <-> tsquery → tsquery</td><td>Конструирует фразовый запрос, которому будут соответствовать документы, содержащие подряд идущие лексемы, удовлетворяющие двум входным запросам.</td><td>to_tsquery('fat') <-> to_tsquery('rat') → 'fat' <-> 'rat'</td></tr>
<tr><td>tsquery @> tsquery → boolean</td><td>Первый запрос типа tsquery содержит второй? (При этом учитывается только факт нахождения всех лексем из одного запроса в другом; операторы их сочетания игнорируются.)</td><td>'cat'::tsquery @> 'cat & rat'::tsquery → f</td></tr>
<tr><td>tsquery <@ tsquery → boolean</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Оператор Описание Пример(ы)

Первый запрос типа `tsquery` содержится во втором? (При этом учитывается только факт нахождения всех лексем из одного запроса в другом; операторы их сочетания игнорируются.)
`'cat'::tsquery <@ 'cat & rat'::tsquery` → `t`
`'cat'::tsquery <@ '!cat & rat'::tsquery` → `t`

Помимо этих специализированных операторов, для типов `tsvector` и `tsquery` имеются обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Они не очень полезны для поиска, но позволяют, в частности, создавать индексы по столбцам этих типов.

Таблица 9.42. Функции текстового поиска

Функция Описание Пример(ы)

`array_to_tsvector` (`text[]`) → `tsvector`
Преобразует массив лексем в `tsvector`. Содержащиеся в массиве строки сохраняются как есть без дополнительной обработки.
`array_to_tsvector('{fat,cat,rat}'::text[])` → `'cat' 'fat' 'rat'`

`get_current_ts_config` ( ) → `regconfig`
Возвращает OID текущей конфигурации текстового поиска по умолчанию (задаваемой параметром default_text_search_config).
`get_current_ts_config()` → `english`

`length` (`tsvector`) → `integer`
Возвращает число лексем в значении `tsvector`.
`length('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector)` → `3`

`numnode` (`tsquery`) → `integer`
Возвращает число лексем и операторов в запросе `tsquery`.
`numnode('(fat & rat) | cat'::tsquery)` → `5`

`plainto_tsquery` ([*config* `regconfig`,] *query* `text`) → `tsquery`
Преобразует текст в `tsquery`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Знаки пунктуации во входной строке при этом игнорируются (в данном случае она не определяет операторы запроса). Результирующему запросу будут соответствовать документы, содержащие все слова этого текста, кроме стоп-слов.
`plainto_tsquery('english', 'The Fat Rats')` → `'fat' & 'rat'`

`phraseto_tsquery` ([*config* `regconfig`,] *query* `text`) → `tsquery`
Преобразует текст в `tsquery`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Знаки пунктуации во входной строке при этом игнорируются (в данном случае она не определяет операторы запроса). Результирующему запросу будут соответствовать фразы, содержащие последовательность слов этого текста, кроме стоп-слов.
`phraseto_tsquery('english', 'The Fat Rats')` → `'fat' <-> 'rat'`
`phraseto_tsquery('english', 'The Cat and Rats')` → `'cat' <2> 'rat'`

`websearch_to_tsquery` ([*config* `regconfig`,] *query* `text`) → `tsquery` Преобразует текст в `tsquery`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Последовательности слов в кавычках преобразуются в проверки фраз. Слово «or» воспринимается как оператор OR (ИЛИ), а символ минуса

Функция Описание Пример(ы)
преобразуется в оператор NOT (НЕ); другие знаки пунктуации игнорируются. Это примерно соответствует поведению ряда распространённых средств поиска в вебе. `websearch_to_tsquery('english', '"fat rat" or cat dog')` → `'fat' <-> 'rat' | 'cat' & 'dog'`

`querytree ( tsquery ) → text`
Формирует представление индексируемой части `tsquery`. Если возвращается пустой результат или просто `T`, это означает, что запрос не индексируемый.
`querytree('foo & ! bar'::tsquery)` → `'foo'`

`setweight ( `*`vector`*` tsvector, `*`weight`*` "char" ) → tsvector`
Назначает вес, указанный в аргументе *`weight`*, каждому элементу аргумента *`vector`*.
`setweight('fat:2,4 cat:3 rat:5B'::tsvector, 'A')` → `'cat':3A 'fat':2A,4A 'rat':5A`

`setweight ( `*`vector`*` tsvector, `*`weight`*` "char", `*`lexemes`*` text[] ) → tsvector`
Назначает вес, указанный в аргументе *`weight`*, элементам аргумента *`vector`*, перечисленным в аргументе *`lexemes`*.
`setweight('fat:2,4 cat:3 rat:5,6B'::tsvector, 'A', '{cat,rat}')` → `'cat':3A 'fat':2,4 'rat':5A,6A`

`strip ( tsvector ) → tsvector`
Убирает позиции и веса из значения `tsvector`.
`strip('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector)` → `'cat' 'fat' 'rat'`

`to_tsquery ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`query`*` text ) → tsquery`
Преобразует текст в `tsquery`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Слова должны разделяться операторами `tsquery`.
`to_tsquery('english', 'The & Fat & Rats')` → `'fat' & 'rat'`

`to_tsvector ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`document`*` text ) → tsvector`
Преобразует текст в `tsvector`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Результат будет включать информацию о позициях слов.
`to_tsvector('english', 'The Fat Rats')` → `'fat':2 'rat':3`

`to_tsvector ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`document`*` json ) → tsvector`
`to_tsvector ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`document`*` jsonb ) → tsvector`
Преобразует каждое строковое значение в документе JSON в значение `tsvector`, выполняя нормализацию слов согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. В результате выдаются полученные значения, соединённые вместе в порядке следования в документе. При вычислении выдаваемых позиций слов считается, что между каждой парой строковых значений находится одно стоп-слово. (Учтите, что в случае с `jsonb` «порядок следования в документе» полей объекта JSON зависит от реализации; это наглядно показано в примере.)
`to_tsvector('english', '{"aa": "The Fat Rats", "b": "dog"}'::json)` → `'dog':5 'fat':2 'rat':3`
`to_tsvector('english', '{"aa": "The Fat Rats", "b": "dog"}'::jsonb)` → `'dog':1 'fat':4 'rat':5`

`json_to_tsvector ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`document`*` json, `*`filter`*` jsonb ) → tsvector`
`jsonb_to_tsvector ( [ `*`config`*` regconfig, ] `*`document`*` jsonb, `*`filter`*` jsonb ) → tsvector`
Выбирает из JSON-документа все элементы, соответствующие фильтру *`filter`*, и преобразует каждый в значение `tsvector`, нормализуя их согласно конфигурации по умолча-

Функция **Описание** **Пример(ы)**

нию или указанной явно. В результате выдаются полученные значения, соединённые вместе в порядке следования в документе. При вычислении выдаваемых позиций слов считается, что между каждой парой строковых значений находится одно стоп-слово. (Учтите, что в случае с `jsonb` «порядок следования в документе» полей объекта JSON зависит от реализации.) В параметре *`filter`* должен передаваться массив `jsonb`, содержащий ноль или более следующих ключевых слов: `"string"` (включить все строковые значения), `"numeric"` (все числовые значения), `"boolean"` (все логические значения), `"key"` (все ключи) или `"all"` (включить всё вышеперечисленное). В качестве особого значения *`filter`* принимается простое JSON-значение, содержащее одно из этих ключевых слов.
`json_to_tsvector('english', '{"a": "The Fat Rats", "b": 123}'::json, '["string", "numeric"]')` → `'123':5 'fat':2 'rat':3`
`json_to_tsvector('english', '{"cat": "The Fat Rats", "dog": 123}'::json, '"all"')` → `'123':9 'cat':1 'dog':7 'fat':4 'rat':5`

`ts_delete` (*`vector`* `tsvector`, *`lexeme`* `text`) → `tsvector`
Удаляет все вхождения лексемы, задаваемой аргументом *`lexeme`*, из значения *`vector`*.
`ts_delete('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector, 'fat')` → `'cat':3 'rat':5A`

`ts_delete` (*`vector`* `tsvector`, *`lexemes`* `text[]`) → `tsvector`
Удаляет все вхождения лексем, перечисленных в аргументе *`lexemes`*, из аргумента *`vector`*.
`ts_delete('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector, ARRAY['fat','rat'])` → `'cat':3`

`ts_filter` (*`vector`* `tsvector`, *`weights`* `"char"[]`) → `tsvector`
Выбирает из значения *`vector`* только элементы с весами, перечисленными в массиве *`weights`*.
`ts_filter('fat:2,4 cat:3b,7c rat:5A'::tsvector, '{a,b}')` → `'cat':3B 'rat':5A`

`ts_headline` ([*`config`* `regconfig`,] *`document`* `text`, *`query`* `tsquery` [, *`options`* `text`]) → `text`
Выводит в виде выдержек соответствующие поисковому запросу *`query`* фрагменты содержимого *`document`*, которое должно быть просто текстом, а не значением `tsvector`. Слова в документе перед поиском нормализуются согласно конфигурации по умолчанию или указанной явно. Использование этой функции рассматривается в Подразделе 12.3.4; также там описываются возможные значения *`options`*.
`ts_headline('The fat cat ate the rat.', 'cat')` → `The fat <b>cat</b> ate the rat.`

`ts_headline` ([*`config`* `regconfig`,] *`document`* `json`, *`query`* `tsquery` [, *`options`* `text`]) → `text`
`ts_headline` ([*`config`* `regconfig`,] *`document`* `jsonb`, *`query`* `tsquery` [, *`options`* `text`]) → `text`
Выводит в виде выдержек соответствующие поисковому запросу *`query`* вхождения, найденные в строковых значениях внутри JSON-документа *`document`*. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.3.4.
`ts_headline('{"cat":"raining cats and dogs"}'::jsonb, 'cat')` → `{"cat": "raining <b>cats</b> and dogs"}`

`ts_rank` ([*`weights`* `real[]`,] *`vector`* `tsvector`, *`query`* `tsquery` [, *`normalization`* `integer`]) → `real`
Вычисляет оценку, показывающую, в какой степени значение *`vector`* соответствует запросу *`query`*. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.3.3.
`ts_rank(to_tsvector('raining cats and dogs'), 'cat')` → `0.06079271`

`ts_rank_cd` ([*`weights`* `real[]`,] *`vector`* `tsvector`, *`query`* `tsquery` [, *`normalization`* `integer`]) → `real`

Функция Описание Пример(ы)
Вычисляет по алгоритму расчёта плотности покрытия оценку, показывающую, в какой степени значение *vector* соответствует запросу *query* За подробностями обратитесь к Подразделу 12.3.3. `ts_rank_cd(to_tsvector('raining cats and dogs'), 'cat')` → `0.1`

`ts_rewrite` (*query* `tsquery`, *target* `tsquery`, *substitute* `tsquery`) → `tsquery`
Заменяет в аргументе *query* вхождения *target* значением *substitute*. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.4.2.1.
`ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'a'::tsquery, 'foo|bar'::tsquery)` → `'b' & ( 'foo' | 'bar' )`

`ts_rewrite` (*query* `tsquery`, *select* `text`) → `tsquery`
Заменяет фрагменты запроса *query*, извлекая искомое вхождение и замену для него с помощью команды `SELECT`. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.4.2.1.
`SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'SELECT t,s FROM aliases')` → `'b' & ( 'foo' | 'bar' )`

`tsquery_phrase` (*query1* `tsquery`, *query2* `tsquery`) → `tsquery`
Конструирует фразовый запрос, который будет находить подряд идущие лексемы, удовлетворяющие запросам *query1* и *query2* (как делает оператор `<->`).
`tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'))` → `'fat' <-> 'cat'`

`tsquery_phrase` (*query1* `tsquery`, *query2* `tsquery`, *distance* `integer`) → `tsquery`
Конструирует фразовый запрос, который будет находить вхождения, удовлетворяющие запросам *query1* и *query2*, на расстоянии ровно в *distance* лексем друг от друга.
`tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'), 10)` → `'fat' <10> 'cat'`

`tsvector_to_array` (`tsvector`) → `text[]`
Преобразует `tsvector` в массив лексем.
`tsvector_to_array('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector)` → `{cat,fat,rat}`

`unnest` (`tsvector`) → `setof record` (*lexeme* `text`, *positions* `smallint[]`, *weights* `text`)
Разворачивает `tsvector` в набор строк, по одной лексеме в строке.
`select * from unnest('cat:3 fat:2,4 rat:5A'::tsvector)` →
`lexeme | positions | weights`
`--------+-----------+---------`
`cat | {3} | {D}`
`fat | {2,4} | {D,D}`
`rat | {5} | {A}`

Примечание

Все функции текстового поиска, принимающие необязательный аргумент `regconfig`, будут использовать конфигурацию, указанную в параметре default_text_search_config, когда этот аргумент опущен.

Функции в Таблице 9.43 перечислены отдельно, так как они не очень полезны в традиционных операциях поиска. Они предназначены в основном для разработки и отладки новых конфигураций текстового поиска.

Таблица 9.43. Функции отладки текстового поиска

Функция Описание Пример(ы)

`ts_debug ( [ config regconfig, ] document text ) → setof record ( alias text, description text, token text, dictionaries regdictionary[], dictionary regdictionary, lexemes text[] )`
Извлекает из текста *document* фрагменты, нормализуя их согласно конфигурации текстового поиска по умолчанию или указанной явно, и выдаёт информацию о том, как был обработан каждый фрагмент. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.1.
`ts_debug('english', 'The Brightest supernovaes')` → `(asciiword,"Word, all ASCII",The,{english_stem},english_stem,{}) ...`

`ts_lexize ( dict regdictionary, token text ) → text[]`
Возвращает массив заменяющих лексем, если слово, заданное аргументом *token*, есть в словаре, пустой массив, если это стоп-слово, которое есть в словаре, либо NULL, если такого слова нет. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.3.
`ts_lexize('english_stem', 'stars')` → `{star}`

`ts_parse ( parser_name text, document text ) → setof record ( tokid integer, token text )`
Извлекает фрагменты из текста *document*, применяя анализатор с указанным именем. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.2.
`ts_parse('default', 'foo - bar')` → `(1,foo) ...`

`ts_parse ( parser_oid oid, document text ) → setof record ( tokid integer, token text )`
Извлекает фрагменты из текста *document*, применяя анализатор с указанным OID. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.2.
`ts_parse(3722, 'foo - bar')` → `(1,foo) ...`

`ts_token_type ( parser_name text ) → setof record ( tokid integer, alias text, description text )`
Возвращает таблицу, описывающую все типы фрагментов, которые может распознать анализатор с указанным именем. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.2.
`ts_token_type('default')` → `(1,asciiword,"Word, all ASCII") ...`

`ts_token_type ( parser_oid oid ) → setof record ( tokid integer, alias text, description text )`
Возвращает таблицу, описывающую все типы фрагментов, которые может распознать анализатор с указанным OID. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.8.2.
`ts_token_type(3722)` → `(1,asciiword,"Word, all ASCII") ...`

`ts_stat ( sqlquery text [, weights text] ) → setof record ( word text, ndoc integer, nentry integer )`
Выполняет запрос *sqlquery*, который должен возвращать единственный столбец `tsvector`, и выдаёт статистику по каждой отдельной лексеме, содержащейся в данных. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.4.4.
`ts_stat('SELECT vector FROM apod')` → `(foo,10,15) ...`

9.14. Функции генерирования UUID

В PostgreSQL имеется функция для генерирования UUID:

`gen_random_uuid () → uuid`

Она возвращает случайный UUID версии 4. Это наиболее популярный тип UUID, подходящий для большинства приложений.

Модуль uuid-ossp предоставляет дополнительные функции, реализующие другие стандартные алгоритмы генерирования UUID.

В PostgreSQL также реализованы показанные в Таблице 9.1 операторы для сравнения значений UUID.

9.15. XML-функции

Функции и подобные им выражения, описанные в этом разделе, работают со значениями типа `xml`. Информацию о типе `xml` вы можете найти в Разделе 8.13. Подобные функциям выражения `xmlparse` и `xmlserialize`, преобразующие значения `xml` в текст и обратно, здесь повторно не рассматриваются.

Для использования этих функций PostgreSQL нужно задействовать соответствующую библиотеку при сборке: `configure --with-libxml`.

9.15.1. Создание XML-контента

Для получения XML-контента из данных SQL существует целый набор функций и функциональных выражений, особенно полезных для выдачи клиентским приложениям результатов запроса в виде XML-документов.

9.15.1.1. xmlcomment

`xmlcomment ( text )` → `xml`

Функция `xmlcomment` создаёт XML-значение, содержащее XML-комментарий с заданным текстом. Этот текст не должен содержать «`--`» или заканчиваться знаком «`-`», в противном случае результат не будет допустимым XML-комментарием. Если аргумент этой функции NULL, результатом её тоже будет NULL.

Пример:

```
SELECT xmlcomment('hello');

  xmlcomment
--------------
 <!--hello-->
```

9.15.1.2. xmlconcat

`xmlconcat ( xml [, ...] )` → `xml`

Функция `xmlconcat` объединяет несколько XML-значений и выдаёт в результате один фрагмент XML-контента. Значения NULL отбрасываются, так что результат будет равен NULL, только если все аргументы равны NULL.

Пример:

```
SELECT xmlconcat('<abc/>', '<bar>foo</bar>');

      xmlconcat
----------------------
 <abc/><bar>foo</bar>
```

XML-объявления, если они присутствуют, обрабатываются следующим образом. Если во всех аргументах содержатся объявления одной версии XML, эта версия будет выдана в результате; в противном случае версии не будет. Если во всех аргументах определён атрибут standalone со значением «yes», это же значение будет выдано в результате. Если во всех аргументах есть объявление standalone, но минимум в одном со значением «no», в результате будет это значение. В противном случае в результате не будет объявления standalone. Если же окажется, что в результате должно присутствовать объявление standalone, а версия не определена, тогда в результате будет выведена версия 1.0, так как XML-объявление не будет допустимым без указания версии. Указания кодировки игнорируются и будут удалены в любых случаях.

Пример:

```
SELECT xmlconcat('<?xml version="1.1"?><foo/>', '<?xml version="1.1" standalone="no"?
><bar/>');

             xmlconcat
-----------------------------------
 <?xml version="1.1"?><foo/><bar/>
```

9.15.1.3. xmlelement

`xmlelement ( NAME` *`имя`* `[, XMLATTRIBUTES (` *`значение_атрибута`* `[AS` *`атрибут`*`] [, ...] )]`
`[,` *`содержимое`* `[, ...]] ) → xml`

Выражение `xmlelement` создаёт XML-элемент с заданным именем, атрибутами и содержимым. Аргументы *`имя`* и *`значение_атрибута`*, показанные в синтаксисе, обозначают простые идентификаторы, а не определённые значения. Аргументы *`значение_атрибута`* и *`содержимое`* являются выражениями, которые могут выдавать любой тип данных PostgreSQL. Аргументы внутри `XMLATTRIBUTES` генерируют атрибуты XML-элемента, к которому также добавляются значения *`содержимое`*, в итоге формируя его содержимое.

Примеры:

```
SELECT xmlelement(name foo);

 xmlelement
------------
 <foo/>

SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes('xyz' as bar));

    xmlelement
------------------
 <foo bar="xyz"/>

SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes(current_date as bar), 'cont', 'ent');

             xmlelement
-------------------------------------
 <foo bar="2007-01-26">content</foo>
```

Если имена элементов и атрибутов содержат символы, недопустимые в XML, эти символы заменяются последовательностями `_x`*`HHHH`*`_`, где *`HHHH`* — шестнадцатеричный код символа в Unicode. Например:

```
SELECT xmlelement(name "foo$bar", xmlattributes('xyz' as "a&b"));

            xmlelement
----------------------------------
 <foo_x0024_bar a_x0026_b="xyz"/>
```

Если в качестве значения атрибута используется столбец таблицы, имя атрибута можно не указывать явно, этим именем станет имя столбца. Во всех остальных случаях имя атрибута должно быть определено явно. Таким образом, это выражение допустимо:

```
CREATE TABLE test (a xml, b xml);
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes(a, b)) FROM test;
```

А следующие варианты — нет:

```
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes('constant'), a, b) FROM test;
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes(func(a, b))) FROM test;
```

Содержимое элемента, если оно задано, будет форматировано согласно его типу данных. Когда оно само имеет тип `xml`, из него можно конструировать сложные XML-документы. Например:

```
SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes('xyz' as bar),
                            xmlelement(name abc),
                            xmlcomment('test'),
                            xmlelement(name xyz));

                  xmlelement
----------------------------------------------
 <foo bar="xyz"><abc/><!--test--><xyz/></foo>
```

Содержимое других типов будет оформлено в виде допустимых символьных данных XML. Это, в частности, означает, что символы <, > и & будут преобразованы в сущности XML. Двоичные данные (данные типа `bytea`) представляются в кодировке base64 или в шестнадцатеричном виде, в зависимости от значения параметра xmlbinary. Следует ожидать, что конкретные представления отдельных типов данных могут быть изменены для приведения преобразований PostgreSQL в соответствие со стандартом SQL:2006 и новее, как описано в Подразделе D.3.1.3.

9.15.1.4. `xmlforest`

`xmlforest ( ` *`содержимое`* `[ AS ` *`имя`* ` ] [, ...] )` → `xml`

Выражение `xmlforest` создаёт последовательность XML-элементов с заданными именами и содержимым. Как и в функции `xmlelement`, каждый аргумент *имя* должен быть простым идентификатором, а выражения *содержимое* могут иметь любой тип данных.

Примеры:

```
SELECT xmlforest('abc' AS foo, 123 AS bar);

          xmlforest
------------------------------
 <foo>abc</foo><bar>123</bar>


SELECT xmlforest(table_name, column_name)
FROM information_schema.columns
WHERE table_schema = 'pg_catalog';

                                xmlforest
-------------------------------------------------------------------------
 <table_name>pg_authid</table_name><column_name>rolname</column_name>
 <table_name>pg_authid</table_name><column_name>rolsuper</column_name>
 ...
```

Как показано во втором примере, имя элемента можно опустить, если источником содержимого служит столбец (в этом случае именем элемента по умолчанию будет имя столбца). В противном случае это имя необходимо указывать.

Имена элементов с символами, недопустимыми для XML, преобразуются так же, как и для `xmlelement`. Данные содержимого тоже приводятся к виду, допустимому для XML (кроме данных, которые уже имеют тип `xml`).

Заметьте, что такие XML-последовательности не являются допустимыми XML-документами, если они содержат больше одного элемента на верхнем уровне, поэтому может иметь смысл вложить выражения `xmlforest` в `xmlelement`.

9.15.1.5. `xmlpi`

`xmlpi ( NAME` *`имя`* `[,` *`содержимое`*`] ) → xml`

Выражение `xmlpi` создаёт инструкцию обработки XML. Как и в функции `xmlelement`, аргумент *имя* должен быть простым идентификатором, а выражения *содержимое* могут иметь любой тип данных. Содержимое, если оно задано, не должно содержать последовательность символов `?>`.

Пример:

```
SELECT xmlpi(name php, 'echo "hello world";');

            xmlpi
-----------------------------
 <?php echo "hello world";?>
```

9.15.1.6. xmlroot

`xmlroot ( xml, VERSION {text|NO VALUE} [, STANDALONE {YES|NO|NO VALUE}] ) → xml`

Выражение `xmlroot` изменяет свойства корневого узла XML-значения. Если в нём указывается версия, она заменяет значение в объявлении версии корневого узла; также в корневой узел переносится значение свойства standalone.

```
SELECT xmlroot(xmlparse(document '<?xml version="1.1"?><content>abc</content>'),
               version '1.0', standalone yes);

                xmlroot
----------------------------------------
 <?xml version="1.0" standalone="yes"?>
 <content>abc</content>
```

9.15.1.7. xmlagg

`xmlagg ( xml ) → xml`

Функция `xmlagg`, в отличие от других описанных здесь функций, является агрегатной. Она соединяет значения, поступающие на вход агрегатной функции, подобно функции `xmlconcat`, но делает это, обрабатывая множество строк, а не несколько выражений в одной строке. Дополнительно агрегатные функции описаны в Разделе 9.21.

Пример:

```
CREATE TABLE test (y int, x xml);
INSERT INTO test VALUES (1, '<foo>abc</foo>');
INSERT INTO test VALUES (2, '<bar/>');
SELECT xmlagg(x) FROM test;
        xmlagg
----------------------
 <foo>abc</foo><bar/>
```

Чтобы задать порядок сложения элементов, в агрегатный вызов можно добавить предложение `ORDER BY`, описанное в Подразделе 4.2.7. Например:

```
SELECT xmlagg(x ORDER BY y DESC) FROM test;
        xmlagg
----------------------
 <bar/><foo>abc</foo>
```

Следующий нестандартный подход рекомендовался в предыдущих версиях и может быть по-прежнему полезен в некоторых случаях:

```
SELECT xmlagg(x) FROM (SELECT * FROM test ORDER BY y DESC) AS tab;
        xmlagg
----------------------
 <bar/><foo>abc</foo>
```

9.15.2. Условия с XML

Описанные в этом разделе выражения проверяют свойства значений `xml`.

9.15.2.1. IS DOCUMENT

`xml IS DOCUMENT` → `boolean`

Выражение `IS DOCUMENT` возвращает true, если аргумент представляет собой правильный XML-документ, false в противном случае (т. е. если это фрагмент содержимого) и NULL, если его аргумент также NULL. Чем документы отличаются от фрагментов содержимого, вы можете узнать в Разделе 8.13.

9.15.2.2. IS NOT DOCUMENT

`xml IS NOT DOCUMENT` → `boolean`

Выражение `IS NOT DOCUMENT` возвращает false, если аргумент представляет собой правильный XML-документ, true в противном случае (т. е. если это фрагмент содержимого) и NULL, если его аргумент — NULL.

9.15.2.3. XMLEXISTS

`XMLEXISTS ( text PASSING [BY {REF|VALUE}] xml [BY {REF|VALUE}] )` → `boolean`

Функция `xmlexists` вычисляет выражение XPath 1.0 (первый аргумент), используя в качестве элемента контекста переданное XML-значение. Эта функция возвращает false, если в результате этого вычисления выдаётся пустое множество узлов, или true, если выдаётся любое другое значение. Если один из аргументов равен NULL, результатом также будет NULL. Отличный от NULL аргумент, передающий элемент контекста, должен представлять XML-документ, а не фрагмент содержимого или какое-либо значение, недопустимое в XML.

Пример:

```
SELECT xmlexists('//town[text() = ''Toronto'']' PASSING BY VALUE
 '<towns><town>Toronto</town><town>Ottawa</town></towns>');

 xmlexists
------------
 t
(1 row)
```

Предложения `BY REF` и `BY VALUE` в PostgreSQL принимаются, но игнорируются, о чём рассказывается в Подразделе D.3.2.

Согласно стандарту SQL, функция `xmlexists` должна вычислять выражение, используя средства языка XML Query, но PostgreSQL воспринимает только выражения XPath 1.0, что освещается в Подразделе D.3.1.

9.15.2.4. xml_is_well_formed

`xml_is_well_formed ( text )` → `boolean`

`xml_is_well_formed_document ( text )` → `boolean`

`xml_is_well_formed_content ( text )` → `boolean`

Эти функции проверяют, представляет ли `текст` правильно оформленный XML, и возвращают соответствующее логическое значение. Функция `xml_is_well_formed_document` проверяет аргумент как правильно оформленный документ, а `xml_is_well_formed_content` — правильно оформленное содержимое. Функция `xml_is_well_formed` может делать первое или второе, в зависимости от значения параметра конфигурации xmloption (`DOCUMENT` или `CONTENT`, соответственно). Это значит, что `xml_is_well_formed` помогает понять, будет ли успешным простое приведение к типу `xml`, тогда как две другие функции проверяют, будут ли успешны соответствующие варианты `XMLPARSE`.

Примеры:

```
SET xmloption TO DOCUMENT;
SELECT xml_is_well_formed('<>');
 xml_is_well_formed
--------------------
 f
(1 row)

SELECT xml_is_well_formed('<abc/>');
 xml_is_well_formed
--------------------
 t
(1 row)

SET xmloption TO CONTENT;
SELECT xml_is_well_formed('abc');
 xml_is_well_formed
--------------------
 t
(1 row)

SELECT xml_is_well_formed_document('<pg:foo xmlns:pg="http://postgresql.org/
stuff">bar</pg:foo>');
 xml_is_well_formed_document
-----------------------------
 t
(1 row)

SELECT xml_is_well_formed_document('<pg:foo xmlns:pg="http://postgresql.org/
stuff">bar</my:foo>');
 xml_is_well_formed_document
-----------------------------
 f
(1 row)
```

Последний пример показывает, что при проверке также учитываются сопоставления пространств имён.

9.15.3. Обработка XML

Для обработки значений типа `xml` в PostgreSQL представлены функции `xpath` и `xpath_exists`, вычисляющие выражения XPath 1.0, а также табличная функция `XMLTABLE`.

9.15.3.1. xpath

`xpath ( xpath text, xml xml [, nsarray text[]] ) → xml[]`

Функция `xpath` вычисляет выражение XPath 1.0 в аргументе *xpath* (заданное в виде текста) для заданного XML-значения *xml*. Она возвращает массив XML-значений, соответствующих набору узлов, полученному при вычислении выражения XPath. Если выражение XPath выдаёт не набор узлов, а скалярное значение, возвращается массив с одним элементом.

Вторым аргументом должен быть правильно оформленный XML-документ. В частности, в нём должен быть единственный корневой элемент.

В необязательном третьем аргументе функции передаются сопоставления пространств имён. Эти сопоставления должны определяться в двумерном массиве типа `text`, во второй размерности которого 2 элемента (т. е. это должен быть массив массивов, состоящих из 2 элементов). В первом элементе каждого массива определяется псевдоним (префикс) пространства имён, а во втором — его URI. Псевдонимы, определённые в этом массиве, не обязательно должны совпадать с префиксами пространств имён в самом XML-документе (другими словами, для XML-документа и функции `xpath` псевдонимы имеют *локальный* характер).

Пример:

```
SELECT xpath('/my:a/text()', '<my:a xmlns:my="http://example.com">test</my:a>',
             ARRAY[ARRAY['my', 'http://example.com']]);

 xpath
--------
 {test}
(1 row)
```

Для пространства имён по умолчанию (анонимного) это выражение можно записать так:

```
SELECT xpath('//mydefns:b/text()', '<a xmlns="http://example.com"><b>test</b></a>',
             ARRAY[ARRAY['mydefns', 'http://example.com']]);

 xpath
--------
 {test}
(1 row)
```

9.15.3.2. xpath_exists

`xpath_exists ( xpath text, xml xml [, nsarray text[]] ) → boolean`

Функция `xpath_exists` представляет собой специализированную форму функции `xpath`. Она возвращает не отдельные XML-значения, удовлетворяющие выражению XPath 1.0, а только один логический признак, показывающий, имеются ли такие значения (то есть выдаёт ли это выражение что-либо, отличное от пустого множества узлов). Эта функция равнозначна стандартному условию `XMLEXISTS`, за исключением того, что она также поддерживает сопоставления пространств имён.

Пример:

```
SELECT xpath_exists('/my:a/text()', '<my:a xmlns:my="http://example.com">test</my:a>',
                     ARRAY[ARRAY['my', 'http://example.com']]);

 xpath_exists
--------------
 t
(1 row)
```

9.15.3.3. xmltable

```
XMLTABLE (
    [XMLNAMESPACES ( uri_пространства_имён AS имя_пространства_имён [, ...] ),]
    выражение_строки PASSING [BY {REF|VALUE}] выражение_документа [BY {REF|VALUE}]
    COLUMNS имя { тип [PATH выражение_столбца] [DEFAULT выражение_по_умолчанию] [NOT
 NULL | NULL]
                  | FOR ORDINALITY }
            [, ...]
) → setof record
```

Выражение `xmltable` строит таблицу из XML-значения, применяя фильтр XPath для извлечения строк и формируя столбцы с заданным определением. Хотя по синтаксису оно подобно функции, оно может применяться только в качестве таблицы в предложении `FROM`.

Необязательное предложение `XMLNAMESPACES` задаёт разделённый запятыми список определений пространств имён, в котором *`uri_пространства_имён`* — выражение типа `text`, а *`имя_пространства_имён`* — простой идентификатор. В нём определяются пространства имён XML, используемые в документе, и их псевдонимы. Определение пространства по умолчанию в настоящее время не поддерживается.

В обязательном аргументе *выражение_строки* передаётся выражение XPath 1.0 (в виде значения `text`), которое будет вычисляться для XML-значения *выражение_документа*, служащего элементом контекста, и выдавать набор узлов XML. Эти узлы `xmltable` преобразует в выходные строки. Если *выражение_документа* — NULL, а также если *выражение_строки* выдаёт пустой набор узлов или любое значение, отличное от набора узлов, выходные строки не выдаются.

Выражение_документа передаёт элемент контекста для *выражения_строки*. Таким элементом должен быть правильно оформленный XML-документ; фрагменты/наборы деревьев не допускаются. Предложения `BY REF` и `BY VALUE` принимаются, но игнорируются, о чём рассказывается в Подразделе D.3.2.

Согласно стандарту SQL, функция `xmltable` должна вычислять выражения, используя средства языка XML Query, но PostgreSQL воспринимает только выражения XPath 1.0; подробнее об этом говорится в Подразделе D.3.1.

В обязательном предложении `COLUMNS` задаётся список столбцов для выходной таблицы. Формат этого предложения показан выше в описании синтаксиса. Для каждого столбца должно задаваться имя и тип данных (если только не указано `FOR ORDINALITY`, что подразумевает тип `integer`). Путь, значение по умолчанию и признак допустимости NULL могут опускаться.

Столбец с признаком `FOR ORDINALITY` будет заполняться номерами строк, начиная с 1, в том порядке, в котором эти строки идут в наборе узлов, представляющем результат *выражения_строки*. Признак `FOR ORDINALITY` может быть не больше чем у одного столбца.

> ### Примечание
>
> В XPath 1.0 не определён порядок узлов в наборе, поэтому код, рассчитывающий на определённый порядок результатов, будет зависеть от конкретной реализации. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе D.3.1.2.

В *выражении_столбца* задаётся выражение XPath 1.0, которое вычисляется для каждой строки применительно к текущему узлу, полученному в результате вычисления *выражения_строки* и служащему элементом контекста, и выдаёт значение столбца. Если `выражение_столбца` отсутствует, в качестве неявного пути используется имя столбца.

Если выражение XPath возвращает не XML (это может быть строка, логическое или числовое значение в XPath 1.0) и столбец имеет тип PostgreSQL, отличный от `xml`, значение присваивается столбцу так же, как типу PostgreSQL присваивается строковое представление значения. (Если это значение логическое, его строковым представлением будет `1` или `0`, если тип столбца относится к числовой категории, и `true` или `false` в противном случае.)

Если заданное для столбца выражение XPath возвращает непустой набор узлов XML и этот столбец в PostgreSQL имеет тип `xml`, значение ему будет присвоено как есть, когда оно имеет форму документа или содержимого. [1]

Когда выходному столбцу `xml` присваивается не XML-содержимое, оно представляется в виде одного текстового узла, содержащего строковое значение результата. XML-результат, присваиваемый столбцу любого другого типа, должен состоять не более чем из одного узла, иначе выдаётся ошибка. При наличии же ровно одного узла столбцу, с учётом его типа PostgreSQL, присваивается строковое представление этого узла (получаемое по правилам функции `string` в XPath 1.0).

Строковым значением XML-элемента является конкатенация всех текстовых узлов, содержащихся в нём и во вложенных в него элементах, в порядке следования этих узлов в документе. Строковым значением элемента без внутренних текстовых узлов является пустая строка (не `NULL`). Любые

[1] Примером формы содержимого является результат, содержащий больше одного элемента-узла на верхнем уровне или какой-либо не пробельный текст вне единственного элемента. Результат выражения XPath может иметь и другую форму, например, если оно выбирает узел атрибута из содержащего этот атрибут элемента. Такой результат будет приведён в форму содержимого, в которой каждый подобный недопустимый узел заменяется строковым представлением, получаемым по правилам функции `string` в XPath 1.0.

атрибуты со свойствами `xsi:nil` игнорируются. Заметьте, что состоящий только из пробельных символов узел `text()` между двумя нетекстовыми элементами при этом сохраняется, и начальные пробелы в узле `text()` не убираются. Правила, определяющие строковые представления для других типов XML-узлов и не XML-значений, можно найти в описании функции `string` языка XPath 1.0.

Представленные здесь правила преобразования не соответствуют в точности тем, что определены в стандарте SQL, о чём рассказывается в Подразделе D.3.1.3.

Когда выражение пути возвращает для данной строки пустой набор узлов (обычно когда нет соответствия этому пути), столбец получает значение `NULL`, если только не задано *выражение_по_умолчанию*. Если же оно задано, столбец получает результат данного выражения.

Указанное *выражение_по_умолчанию* вычисляется не единожды для вызова функции `xmltable`, а каждый раз, когда для столбца требуется очередное значение по умолчанию. Если же это выражение оказывается стабильным или постоянным, повторное вычисление может не выполняться. Это означает, что в *выражении_по_умолчанию* вы можете с пользой применять изменчивые функции, такие как `nextval`.

Столбцы могут иметь признак `NOT NULL`. Если *выражение_столбца* для столбца с признаком `NOT NULL` не соответствует ничему и при этом отсутствует указание `DEFAULT` или *выражение_по_умолчанию* также выдаёт NULL, происходит ошибка.

Примеры:

```
CREATE TABLE xmldata AS SELECT
xml $$
<ROWS>
  <ROW id="1">
    <COUNTRY_ID>AU</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Australia</COUNTRY_NAME>
  </ROW>
  <ROW id="5">
    <COUNTRY_ID>JP</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Japan</COUNTRY_NAME>
    <PREMIER_NAME>Shinzo Abe</PREMIER_NAME>
    <SIZE unit="sq_mi">145935</SIZE>
  </ROW>
  <ROW id="6">
    <COUNTRY_ID>SG</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Singapore</COUNTRY_NAME>
    <SIZE unit="sq_km">697</SIZE>
  </ROW>
</ROWS>
$$ AS data;

SELECT xmltable.*
  FROM xmldata,
       XMLTABLE('//ROWS/ROW'
                PASSING data
                COLUMNS id int PATH '@id',
                        ordinality FOR ORDINALITY,
                        "COUNTRY_NAME" text,
                        country_id text PATH 'COUNTRY_ID',
                        size_sq_km float PATH 'SIZE[@unit = "sq_km"]',
                        size_other text PATH
                             'concat(SIZE[@unit!="sq_km"], " ", SIZE[@unit!="sq_km"]/
@unit)',
                        premier_name text PATH 'PREMIER_NAME' DEFAULT 'not specified');
```

```
 id | ordinality | COUNTRY_NAME | country_id | size_sq_km |  size_other  | premier_name

----+------------+--------------+------------+------------+--------------
+---------------
  1 |          1 | Australia    | AU         |            |              | not
 specified
  5 |          2 | Japan        | JP         |            | 145935 sq_mi | Shinzo Abe
  6 |          3 | Singapore    | SG         |        697 |              | not
 specified
```

Следующий пример иллюстрирует сложение нескольких узлов text(), использование имени столбца в качестве фильтра XPath и обработку пробельных символов, XML-комментариев и инструкций обработки:

```
CREATE TABLE xmlelements AS SELECT
xml $$
  <root>
   <element>  Hello<!-- xyxxz -->2a2<?aaaaa?> <!--x-->  bbb<x>xxx</x>CC  </element>
  </root>
$$ AS data;

SELECT xmltable.*
  FROM xmlelements, XMLTABLE('/root' PASSING data COLUMNS element text);
         element
-------------------------
   Hello2a2   bbbxxxCC
```

Следующий пример показывает, как с помощью предложения `XMLNAMESPACES` можно задать список пространств имён, используемых в XML-документе и в выражениях XPath:

```
WITH xmldata(data) AS (VALUES ('
<example xmlns="http://example.com/myns" xmlns:B="http://example.com/b">
 <item foo="1" B:bar="2"/>
 <item foo="3" B:bar="4"/>
 <item foo="4" B:bar="5"/>
</example>'::xml)
)
SELECT xmltable.*
  FROM XMLTABLE(XMLNAMESPACES('http://example.com/myns' AS x,
                              'http://example.com/b' AS "B"),
             '/x:example/x:item'
                PASSING (SELECT data FROM xmldata)
                COLUMNS foo int PATH '@foo',
                  bar int PATH '@B:bar');
 foo | bar
-----+-----
   1 |   2
   3 |   4
   4 |   5
(3 rows)
```

9.15.4. Отображение таблиц в XML

Следующие функции отображают содержимое реляционных таблиц в значения XML. Их можно рассматривать как средства экспорта в XML:

```
table_to_xml ( table regclass, nulls boolean,
               tableforest boolean, targetns text ) → xml
query_to_xml ( query text, nulls boolean,
               tableforest boolean, targetns text ) → xml
cursor_to_xml ( cursor refcursor, count integer, nulls boolean,
```

```
                tableforest boolean, targetns text ) → xml
```

`table_to_xml` отображает в xml содержимое таблицы, имя которой задаётся в параметре *table*. Тип `regclass` принимает идентификаторы строк в обычной записи, которые могут содержать указание схемы и кавычки. Функция `query_to_xml` выполняет запрос, текст которого передаётся в параметре *query*, и отображает в xml результирующий набор. Последняя функция, `cursor_to_xml` выбирает указанное число строк из курсора, переданного в параметре *cursor*. Этот вариант рекомендуется использовать с большими таблицами, так как все эти функции создают результирующий xml в памяти.

Если параметр *tableforest* имеет значение false, результирующий XML-документ выглядит так:

```
<имя_таблицы>
  <row>
    <имя_столбца1> данные </имя_столбца1>
    <имя_столбца2> данные </имя_столбца2>
  </row>

  <row>
    ...
  </row>

  ...
</имя_таблицы>
```

А если *tableforest* равен true, в результате будет выведен следующий фрагмент XML:

```
<имя_таблицы>
  <имя_столбца1> данные </имя_столбца1>
  <имя_столбца2> данные </имя_столбца2>
</имя_таблицы>

<имя_таблицы>
  ...
</имя_таблицы>

...
```

Если имя таблицы неизвестно, например, при отображении результатов запроса или курсора, вместо него в первом случае вставляется `table`, а во втором — `row`.

Выбор между этими форматами остаётся за пользователем. Первый вариант позволяет создать готовый XML-документ, что может быть полезно для многих приложений, а второй удобно применять с функцией `cursor_to_xml`, если её результаты будут собираться в документ позже. Полученный результат можно изменить по вкусу с помощью рассмотренных выше функций создания XML-содержимого, в частности `xmlelement`.

Значения данных эти функции отображают так же, как и ранее описанная функция `xmlelement`.

Параметр *nulls* определяет, нужно ли включать в результат значения NULL. Если он установлен, значения NULL в столбцах представляются так:

```
<имя_столбца xsi:nil="true"/>
```

Здесь `xsi` — префикс пространства имён XML Schema Instance. При этом в результирующий XML будет добавлено соответствующее объявление пространства имён. Если же данный параметр равен false, столбцы со значениями NULL просто не будут выводиться.

Параметр *targetns* определяет целевое пространство имён для результирующего XML. Если пространство имён не нужно, значением этого параметра должна быть пустая строка.

Следующие функции выдают документы XML Schema, которые содержат схемы отображений, выполняемых соответствующими ранее рассмотренными функциями:

```
table_to_xmlschema ( table regclass, nulls boolean,
                     tableforest boolean, targetns text ) → xml
query_to_xmlschema ( query text, nulls boolean,
                     tableforest boolean, targetns text ) → xml
cursor_to_xmlschema ( cursor refcursor, nulls boolean,
                      tableforest boolean, targetns text ) → xml
```

Чтобы результаты отображения данных в XML соответствовали XML-схемам, важно, чтобы соответствующим функциям передавались одинаковые параметры.

Следующие функции выдают отображение данных в XML и соответствующую XML-схему в одном документе (или фрагменте), объединяя их вместе. Это может быть полезно там, где желательно получить самодостаточные результаты с описанием:

```
table_to_xml_and_xmlschema ( table regclass, nulls boolean,
                             tableforest boolean, targetns text ) → xml
query_to_xml_and_xmlschema ( query text, nulls boolean,
                             tableforest boolean, targetns text ) → xml
```

В дополнение к ним есть следующие функции, способные выдать аналогичные представления для целых схем в базе данных или даже для всей текущей базы:

```
schema_to_xml ( schema name, nulls boolean,
                tableforest boolean, targetns text ) → xml
schema_to_xmlschema ( schema name, nulls boolean,
                      tableforest boolean, targetns text ) → xml
schema_to_xml_and_xmlschema ( schema name, nulls boolean,
                              tableforest boolean, targetns text ) → xml

database_to_xml ( nulls boolean,
                  tableforest boolean, targetns text ) → xml
database_to_xmlschema ( nulls boolean,
                        tableforest boolean, targetns text ) → xml
database_to_xml_and_xmlschema ( nulls boolean,
                                tableforest boolean, targetns text ) → xml
```

Эти функции пропускают таблицы, которые не может читать текущий пользователь. Функции уровня базы также пропускают схемы, для которых текущий пользователь не имеет права использования (`USAGE`).

Заметьте, что объём таких данных может быть очень большим, а XML должен сформироваться в памяти. Поэтому, вместо того чтобы пытаться отобразить в XML сразу всё содержимое больших схем или баз данных, лучше делать это по таблицам, возможно, даже используя курсор.

Результат отображения содержимого схемы будет выглядеть так:

```
<имя_схемы>

отображение-таблицы1

отображение-таблицы2

...

</имя_схемы>
```

Формат отображения таблицы определяется параметром *tableforest*, описанным выше.

Результат отображения содержимого базы данных будет таким:

```
<имя_БД>

<имя_схемы1>
  ...
</имя_схемы1>

<имя_схемы2>
  ...
</имя_схемы2>

...

</имя_БД>
```

Здесь отображение схемы имеет вид, показанный выше.

В качестве примера, иллюстрирующего использование результата этих функций, на Примере 9.1 показано XSLT-преобразование, которое переводит результат функции `table_to_xml_and_xmlschema` в HTML-документ, содержащий таблицу с данными. Подобным образом результаты этих функций можно преобразовать и в другие форматы на базе XML.

Пример 9.1. XSLT-преобразование, переводящее результат SQL/XML в формат HTML

```
<?xml version="1.0"?>
<xsl:stylesheet version="1.0"
    xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
>

  <xsl:output method="xml"
      doctype-system="http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd"
      doctype-public="-//W3C/DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
      indent="yes"/>

  <xsl:template match="/*">
    <xsl:variable name="schema" select="//xsd:schema"/>
    <xsl:variable name="tabletypename"
                  select="$schema/xsd:element[@name=name(current())]/@type"/>
    <xsl:variable name="rowtypename"
                  select="$schema/xsd:complexType[@name=$tabletypename]/xsd:sequence/
xsd:element[@name='row']/@type"/>

    <html>
      <head>
        <title><xsl:value-of select="name(current())"/></title>
      </head>
      <body>
        <table>
          <tr>
            <xsl:for-each select="$schema/xsd:complexType[@name=$rowtypename]/
xsd:sequence/xsd:element/@name">
              <th><xsl:value-of select="."/></th>
            </xsl:for-each>
          </tr>

          <xsl:for-each select="row">
            <tr>
              <xsl:for-each select="*">
                <td><xsl:value-of select="."/></td>
```

```
            </xsl:for-each>
          </tr>
        </xsl:for-each>
      </table>
    </body>
  </html>
</xsl:template>

</xsl:stylesheet>
```

9.16. Функции и операторы JSON

В этом разделе описываются:

- функции и операторы, предназначенные для работы с данными JSON
- язык путей SQL/JSON

Чтобы узнать больше о стандарте SQL/JSON, обратитесь к sqltr-19075-6. Типы JSON, поддерживаемые в PostgreSQL, описаны в Разделе 8.14.

9.16.1. Обработка и создание данных JSON

В Таблице 9.44 показаны имеющиеся операторы для работы с данными JSON (см. Раздел 8.14). Кроме них для типа `jsonb`, но не для `json`, определены обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Они следуют правилам упорядочивания для операций B-дерева, описанным в Подразделе 8.14.4. В Разделе 9.21 вы также можете узнать об агрегатной функции `json_agg`, которая агрегирует значения записи в виде JSON, и агрегатной функции `json_object_agg`, агрегирующей пары значений в объект JSON, а также их аналогах для `jsonb`, функциях `jsonb_agg` и `jsonb_object_agg`.

Таблица 9.44. Операторы для типов `json` и `jsonb`

Оператор Описание Пример(ы)

`json -> integer` → `json`
`jsonb -> integer` → `jsonb`
Извлекает *n*-ый элемент JSON-массива (элементы массива нумеруются с 0, а отрицательные числа задают позиции с конца).
`'[{"a":"foo"},{"b":"bar"},{"c":"baz"}]'::json -> 2` → `{"c":"baz"}`
`'[{"a":"foo"},{"b":"bar"},{"c":"baz"}]'::json -> -3` → `{"a":"foo"}`

`json -> text` → `json`
`jsonb -> text` → `jsonb`
Извлекает поле JSON-объекта по заданному ключу.
`'{"a": {"b":"foo"}}'::json -> 'a'` → `{"b":"foo"}`

`json ->> integer` → `text`
`jsonb ->> integer` → `text`
Извлекает *n*-ый элемент из JSON-массива, в виде значения `text`.
`'[1,2,3]'::json ->> 2` → `3`

`json ->> text` → `text`
`jsonb ->> text` → `text`
Извлекает поле JSON-объекта по заданному ключу, в виде значения `text`.
`'{"a":1,"b":2}'::json ->> 'b'` → `2`

`json #> text[]` → `json`

Оператор Описание Пример(ы)

`jsonb #> text[] → jsonb`
Извлекает внутренний JSON-объект по заданному пути, элементами которого могут быть индексы массивов или ключи.
`'{"a": {"b": ["foo","bar"]}}'::json #> '{a,b,1}'` → `"bar"`

`json #>> text[] → text`
`jsonb #>> text[] → text`
Извлекает внутренний JSON-объект по заданному пути в виде значения `text`.
`'{"a": {"b": ["foo","bar"]}}'::json #>> '{a,b,1}'` → `bar`

Примечание

Если структура входного JSON не соответствует запросу, например указанный ключ или элемент массива отсутствует, операторы извлечения поля/элемента/пути не выдают ошибку, а возвращают NULL.

Некоторые из следующих операторов существуют только для `jsonb`, как показано в Таблице 9.45. В Подразделе 8.14.4 описано, как эти операторы могут использоваться для эффективного поиска в индексированных данных `jsonb`.

Таблица 9.45. Дополнительные операторы `jsonb`

Оператор Описание Пример(ы)

`jsonb @> jsonb → boolean`
Первое значение JSON содержит второе? (Что означает «содержит», подробно описывается в Подразделе 8.14.3.)
`'{"a":1, "b":2}'::jsonb @> '{"b":2}'::jsonb` → `t`

`jsonb <@ jsonb → boolean`
Первое значение JSON содержится во втором?
`'{"b":2}'::jsonb <@ '{"a":1, "b":2}'::jsonb` → `t`

`jsonb ? text → boolean`
Текстовая строка присутствует в значении JSON в качестве ключа верхнего уровня или элемента массива?
`'{"a":1, "b":2}'::jsonb ? 'b'` → `t`
`'["a", "b", "c"]'::jsonb ? 'b'` → `t`

`jsonb ?| text[] → boolean`
Какие-либо текстовые строки из массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня или элементов массива?
`'{"a":1, "b":2, "c":3}'::jsonb ?| array['b', 'd']` → `t`

`jsonb ?& text[] → boolean`
Все текстовые строки из массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня или элементов массива?
`'["a", "b", "c"]'::jsonb ?& array['a', 'b']` → `t`

`jsonb || jsonb → jsonb` Соединяет два значения `jsonb`. При соединении двух массивов получается массив, содержащий все их элементы. При соединении двух объектов получается объект с объеди-

Оператор

Описание

Пример(ы)

нённым набором ключей и значений, при этом в случае совпадения ключей выбирается значение из второго объекта. Все другие варианты соединения реализуются путём преобразования аргументов, отличных от массивов, в массивы с одним элементом, которые затем как массивы и соединяются. Эта операция не рекурсивна — объединение производится только на верхнем уровне структуры объекта или массива.

`'["a", "b"]'::jsonb || '["a", "d"]'::jsonb` → `["a", "b", "a", "d"]`

`'{"a": "b"}'::jsonb || '{"c": "d"}'::jsonb` → `{"a": "b", "c": "d"}`

`'[1, 2]'::jsonb || '3'::jsonb` → `[1, 2, 3]`

`'{"a": "b"}'::jsonb || '42'::jsonb` → `[{"a": "b"}, 42]`

Чтобы вставить один массив в другой в качестве массива, поместите его в дополнительный массив, например:

`'[1, 2]'::jsonb || jsonb_build_array('[3, 4]'::jsonb)` → `[1, 2, [3, 4]]`

`jsonb - text` → `jsonb`

Удаляет ключ (и его значение) из JSON-объекта или соответствующие строковые значения из JSON-массива.

`'{"a": "b", "c": "d"}'::jsonb - 'a'` → `{"c": "d"}`

`'["a", "b", "c", "b"]'::jsonb - 'b'` → `["a", "c"]`

`jsonb - text[]` → `jsonb`

Удаляет из левого операнда все перечисленные ключи или элементы массива.

`'{"a": "b", "c": "d"}'::jsonb - '{a,c}'::text[]` → `{}`

`jsonb - integer` → `jsonb`

Удаляет из массива элемент в заданной позиции (отрицательные номера позиций отсчитываются от конца). Выдаёт ошибку, если переданное значение JSON — не массив.

`'["a", "b"]'::jsonb - 1` → `["a"]`

`jsonb #- text[]` → `jsonb`

Удаляет поле или элемент массива с заданным путём, в составе которого могут быть индексы массивов или ключи.

`'["a", {"b":1}]'::jsonb #- '{1,b}'` → `["a", {}]`

`jsonb @? jsonpath` → `boolean`

Выдаёт ли путь JSON какой-либо элемент для заданного значения JSON?

`'{"a":[1,2,3,4,5]}'::jsonb @? '$.a[*] ? (@ > 2)'` → `t`

`jsonb @@ jsonpath` → `boolean`

Возвращает результат проверки предиката пути JSON для заданного значения JSON. При этом учитывается только первый элемент результата. Если результат не является логическим, возвращается `NULL`.

`'{"a":[1,2,3,4,5]}'::jsonb @@ '$.a[*] > 2'` → `t`

Примечание

Операторы `jsonpath` `@?` и `@@` подавляют следующие ошибки: отсутствие поля объекта или элемента массива, несовпадение типа элемента JSON и ошибки в числах и дате/времени. Описанные ниже функции, связанные с `jsonpath`, тоже могут подавлять ошибки такого рода. Это может быть полезно, когда нужно произвести поиск по набору документов JSON, имеющих различную структуру.

В Таблице 9.46 показаны функции, предназначенные для создания значений `json` и `jsonb`.

Таблица 9.46. Функции для создания JSON

Функция **Описание** **Пример(ы)**

`to_json ( anyelement ) → json`
`to_jsonb ( anyelement ) → jsonb`
Преобразует произвольное SQL-значение в `json` или `jsonb`. Массивы и составные структуры преобразуются рекурсивно в массивы и объекты (многомерные массивы становятся в JSON массивами массивов). Для других типов, для которых определено приведение к `json`, применяется эта функция приведения;[a] для всех остальных выдаётся скалярное значение. Значения всех скалярных типов, кроме числового, логического и NULL, представляются в текстовом виде; при этом может добавляться экранирование символов, необходимое для получения допустимых строковых значений `json` или `jsonb`.
`to_json('Fred said "Hi."'::text)` → `"Fred said \"Hi.\""`
`to_jsonb(row(42, 'Fred said "Hi."'::text))` → `{"f1": 42, "f2": "Fred said \"Hi.\""}`

`array_to_json ( anyarray [, boolean] ) → json`
Преобразует массив SQL в JSON-массив. Эта функция работает так же, как `to_json`, но если в необязательном логическом параметре передаётся true, между элементами массива верхнего уровня дополнительно добавляются переводы строк.
`array_to_json('{{1,5},{99,100}}'::int[])` → `[[1,5],[99,100]]`

`row_to_json ( record [, boolean] ) → json`
Преобразует составное значение SQL в JSON-объект. Эта функция работает так же, как `to_json`, но если в необязательном логическом параметре передаётся true, между элементами верхнего уровня дополнительно добавляются переводы строк.
`row_to_json(row(1,'foo'))` → `{"f1":1,"f2":"foo"}`

`json_build_array ( VARIADIC "any" ) → json`
`jsonb_build_array ( VARIADIC "any" ) → jsonb`
Формирует JSON-массив (возможно, разнородный) из переменного списка аргументов. Каждый аргумент преобразуется методом `to_json` или `to_jsonb`.
`json_build_array(1, 2, 'foo', 4, 5)` → `[1, 2, "foo", 4, 5]`

`json_build_object ( VARIADIC "any" ) → json`
`jsonb_build_object ( VARIADIC "any" ) → jsonb`
Формирует JSON-объект из переменного списка аргументов. По соглашению в этом списке перечисляются по очереди ключи и значения. Аргументы, задающие ключи, приводятся к текстовому типу, а аргументы-значения преобразуются методом `to_json` или `to_jsonb`.
`json_build_object('foo', 1, 2, row(3,'bar'))` → `{"foo" : 1, "2" : {"f1":3,"f2":"bar"}}`

`json_object ( text[] ) → json`
`jsonb_object ( text[] ) → jsonb`
Формирует объект JSON из текстового массива. Этот массив должен иметь либо одну размерность с чётным числом элементов (в этом случае они воспринимаются как чередующиеся ключи/значения), либо две размерности и при этом каждый внутренний массив содержит ровно два элемента, которые воспринимаются как пара ключ/значение. Все значения преобразуются в строки JSON.
`json_object('{a, 1, b, "def", c, 3.5}')` → `{"a" : "1", "b" : "def", "c" : "3.5"}`
`json_object('{{a, 1}, {b, "def"}, {c, 3.5}}')` → `{"a" : "1", "b" : "def", "c" : "3.5"}`

Функция Описание Пример(ы)

`json_object` (*keys* `text[]`, *values* `text[]`) → `json`
`jsonb_object` (*keys* `text[]`, *values* `text[]`) → `jsonb`
Эта форма `json_object` принимает ключи и значения по парам из двух отдельных текстовых массивов. В остальных отношениях она не отличается от вариации с одним аргументом.
`json_object('{a,b}', '{1,2}')` → `{"a": "1", "b": "2"}`

[a]Например, в расширении hstore определено преобразование из `hstore` в `json`, так что значения `hstore`, преобразуемые функциями создания JSON, будут представлены в виде объектов JSON, а не как примитивные строковые значения.

В Таблице 9.47 показаны функции, предназначенные для работы со значениями `json` и `jsonb`.

Таблица 9.47. Функции для обработки JSON

Функция Описание Пример(ы)

`json_array_elements` (`json`) → `setof json`
`jsonb_array_elements` (`jsonb`) → `setof jsonb`
Разворачивает JSON-массив верхнего уровня в набор значений JSON.
`select * from json_array_elements('[1,true, [2,false]]')` →
`   value`
`-----------`
` 1`
` true`
` [2,false]`

`json_array_elements_text` (`json`) → `setof text`
`jsonb_array_elements_text` (`jsonb`) → `setof text`
Разворачивает JSON-массив верхнего уровня в набор значений `text`.
`select * from json_array_elements_text('["foo", "bar"]')` →
`   value`
`-----------`
` foo`
` bar`

`json_array_length` (`json`) → `integer`
`jsonb_array_length` (`jsonb`) → `integer`
Возвращает число элементов во внешнем JSON-массиве верхнего уровня.
`json_array_length('[1,2,3,{"f1":1,"f2":[5,6]},4]')` → `5`
`jsonb_array_length('[]')` → `0`

`json_each` (`json`) → `setof record` (*key* `text`, *value* `json`)
`jsonb_each` (`jsonb`) → `setof record` (*key* `text`, *value* `jsonb`)
Разворачивает JSON-объект верхнего уровня в набор пар ключ/значение (key/value).
`select * from json_each('{"a":"foo", "b":"bar"}')` →
` key | value`
`-----+-------`
` a   | "foo"`
` b   | "bar"`

`json_each_text` (`json`) → `setof record` (*key* `text`, *value* `text`) `jsonb_each_text` (`jsonb`) → `setof record` (*key* `text`, *value* `text`)

Функция **Описание** **Пример(ы)**

Разворачивает JSON-объект верхнего уровня в набор пар ключ/значение (key/value). Возвращаемые значения будут иметь тип `text`.
`select * from json_each_text('{"a":"foo", "b":"bar"}')` →
`key | value`
`-----+-------`
`a   | foo`
`b   | bar`

`json_extract_path` (*from_json* `json`, `VARIADIC` *path_elems* `text[]`) → `json`
`jsonb_extract_path` (*from_json* `jsonb`, `VARIADIC` *path_elems* `text[]`) → `jsonb`
Извлекает внутренний JSON-объект по заданному пути. (То же самое делает оператор `#>`, но в некоторых случаях может быть удобнее записать путь в виде списка отдельных аргументов.)
`json_extract_path('{"f2":{"f3":1},"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4', 'f6')` → `"foo"`

`json_extract_path_text` (*from_json* `json`, `VARIADIC` *path_elems* `text[]`) → `text`
`jsonb_extract_path_text` (*from_json* `jsonb`, `VARIADIC` *path_elems* `text[]`) → `text`
Извлекает внутренний JSON-объект по заданному пути в виде значения `text`. (То же самое делает оператор `#>>`.)
`json_extract_path_text('{"f2":{"f3":1},"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4', 'f6')` → `foo`

`json_object_keys` (`json`) → `setof text`
`jsonb_object_keys` (`jsonb`) → `setof text`
Выдаёт множество ключей в JSON-объекте верхнего уровня.
`select * from json_object_keys('{"f1":"abc","f2":{"f3":"a", "f4":"b"}}')` →
`json_object_keys`
`-----------------`
`f1`
`f2`

`json_populate_record` (*base* `anyelement`, *from_json* `json`) → `anyelement`
`jsonb_populate_record` (*base* `anyelement`, *from_json* `jsonb`) → `anyelement`
Разворачивает JSON-объект верхнего уровня в строку, имеющую составной тип аргумента *base*. В JSON-объекте просматриваются поля, имена которых соответствуют именам столбцов выходного типа, и их значения вставляются в эти столбцы результата. (Поля, не соответствующие именам никаких выходных столбцов, пропускаются.) Обычно в *base* просто передаётся `NULL`, что означает, что выходные столбцы, которым не нашлось соответствие в объекте, получат значения `NULL`. Однако если в аргументе *base* передаётся не `NULL`, то для таких столбцов будут использованы значения из этого аргумента.
Для преобразования значения JSON в SQL-тип выходного столбца последовательно применяются следующие правила:
• Значение NULL в JSON всегда преобразуется в SQL NULL.
• Если выходной столбец имеет тип `json` или `jsonb`, значение JSON воспроизводится без изменений.
• Если выходной столбец имеет составной тип (тип кортежа) и значение JSON является объектом JSON, поля этого объекта преобразуются в столбцы типа выходного кортежа в результате рекурсивного применения этих правил.
• Подобным образом, если выходной столбец имеет тип-массив и значение JSON представляет массив JSON, элементы данного массива преобразуются в элементы выходного массива в результате рекурсивного применения этих правил.

Функция
Описание
Пример(ы)

- Если же значение JSON является строкой, содержимое этой строки передаётся входной функции преобразования для типа данных целевого столбца.
- В противном случае функции преобразования для типа данных целевого столбца передаётся обычное текстовое представление значения JSON.

В следующем примере значение JSON фиксировано, но обычно такая функция обращается с использованием `LATERAL` к столбцу `json` или `jsonb` из другой таблицы, фигурирующей в предложении `FROM`. Функция `json_populate_record` в предложении `FROM` будет работать эффективно, так как все извлечённые столбцы можно использовать, не выполняя повторные вызовы функции.

```
create type subrowtype as (d int, e text);  create type myrowtype as (a int,
b text[], c subrowtype);
select * from json_populate_record(null::myrowtype, '{"a": 1, "b": ["2",
"a b"], "c": {"d": 4, "e": "a b c"}, "x": "foo"}') →

 a |   b       |      c
---+-----------+-------------
 1 | {2,"a b"} | (4,"a b c")
```

`json_populate_recordset` (*base* anyelement, *from_json* json) → setof anyelement
`jsonb_populate_recordset` (*base* anyelement, *from_json* jsonb) → setof anyelement

Разворачивает JSON-массив верхнего уровня с объектами в набор строк, имеющих составной тип аргумента *base*. Каждый элемент JSON-массива обрабатывается так же, как было описано выше для `json[b]_populate_record`.

```
create type twoints as (a int, b int);
select * from json_populate_recordset(null::twoints, '[{"a":1,"b":2},
{"a":3,"b":4}]') →

 a | b
---+---
 1 | 2
 3 | 4
```

`json_to_record` (json) → record
`jsonb_to_record` (jsonb) → record

Разворачивает JSON-объект верхнего уровня в строку, имеющую составной тип, определённый в предложении `AS`. (Как и со всеми функциями, возвращающими значение `record`, вызывающий запрос должен явно определять структуру записи в `AS`.) Выходная запись заполняется полями JSON-объекта так же, как было описано выше для `json[b]_populate_record`. Так как этой функции не передаётся запись, столбцы, для которых не находится соответствие, всегда получают значения `NULL`.

```
create type myrowtype as (a int, b text);
select * from json_to_record('{"a":1,"b":[1,2,3],"c":[1,2,3],
"e":"bar","r": {"a": 123, "b": "a b c"}}') as x(a int, b text, c int[],
d text, r myrowtype) →

 a |    b    |    c    | d |       r
---+---------+---------+---+---------------
 1 | [1,2,3] | {1,2,3} |   | (123,"a b c")
```

`json_to_recordset` (json) → setof record
`jsonb_to_recordset` (jsonb) → setof record

Разворачивает JSON-массив верхнего уровня с объектами в набор строк, имеющих составной тип, определённый в предложении `AS`. (Как и со всеми функциями, возвращающими значение `record`, вызывающий запрос должен явно определять структуру записи в

Функция Описание Пример(ы)

`AS`.) Каждый элемент JSON-массива обрабатывается так же, как было описано выше для `json[b]_populate_record`.
`select * from json_to_recordset('[{"a":1,"b":"foo"}, {"a":"2", "c":"bar"}]') as x(a int, b text)` →
` a |  b`
`---+-----`
` 1 | foo`
` 2 |`

`jsonb_set` (*target* `jsonb`, *path* `text[]`, *new_value* `jsonb` [, *create_if_missing* `boolean`]) → `jsonb`
Возвращает объект *target*, в котором элемент, на который указывает путь *path*, заменяется значением *new_value* либо значение *new_value* добавляется, когда параметр *create_if_missing* равен true (это значение по умолчанию) и элемент, на который указывает *path*, не существует. Чтобы это изменение произошло, все предыдущие элементы, на которые указывает путь, должны существовать. В противном случае *target* возвращается без изменений. Как и с операторами, принимающими пути, отрицательные целые числа, фигурирующие в *path*, отсчитывают элементы с конца JSON-массива. Если на последнем шаге пути указывается индекс, выходящий за границы массива, и параметр *create_if_missing* равен true, новое значение добавляется в начало массива, когда индекс отрицательный, или в конец, когда он положительный.
`jsonb_set('[{"f1":1,"f2":null},2,null,3]', '{0,f1}', '[2,3,4]', false)` → `[{"f1": [2, 3, 4], "f2": null}, 2, null, 3]`
`jsonb_set('[{"f1":1,"f2":null},2]', '{0,f3}', '[2,3,4]')` → `[{"f1": 1, "f2": null, "f3": [2, 3, 4]}, 2]`

`jsonb_set_lax` (*target* `jsonb`, *path* `text[]`, *new_value* `jsonb` [, *create_if_missing* `boolean` [, *null_value_treatment* `text`]]) → `jsonb`
Если значение *new_value* отлично от `NULL`, эта функция действует так же, как и `jsonb_set`. В противном случае она действует согласно значению *null_value_treatment*, которое может принимать значение `'raise_exception'`, `'use_json_null'`, `'delete_key'` или `'return_target'`. Значение по умолчанию: `'use_json_null'`.
`jsonb_set_lax('[{"f1":1,"f2":null},2,null,3]', '{0,f1}', null)` → `[{"f1": null, "f2": null}, 2, null, 3]`
`jsonb_set_lax('[{"f1":99,"f2":null},2]', '{0,f3}', null, true, 'return_target')` → `[{"f1": 99, "f2": null}, 2]`

`jsonb_insert` (*target* `jsonb`, *path* `text[]`, *new_value* `jsonb` [, *insert_after* `boolean`]) → `jsonb` Возвращает объект *target* с вставленном в него значением *new_value*. Когда элемент, на который указывает путь *path*, является элементом массива, *new_value* вставляется перед этим элементом, если параметр *insert_after* равен false (по умолчанию), либо после него, если *insert_after* равен true. Когда элемент, на который указывает *path*, является полем объекта, *new_value* будет вставлено только если у объекта ещё нет такого ключа. Чтобы это изменение произошло, все предыдущие элементы, на которые указывает путь, должны существовать. В противном случае *target* возвращается без изменений. Как и с операторами, принимающими пути, отрицательные целые числа, фигурирующие в *path*, отсчитывают элементы с конца JSON-массива. Если на последнем шаге пути указывается индекс, выходящий за границы массива, новое значение добавляется в начало массива, когда индекс отрицательный, или в конец, когда он положительный.

Функция **Описание** **Пример(ы)**
`jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a, 1}', '"new_value"')` → `{"a": [0, "new_value", 1, 2]}` `jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a, 1}', '"new_value"', true)` → `{"a": [0, 1, "new_value", 2]}`

`json_strip_nulls` (`json`) → `json`
`jsonb_strip_nulls` (`jsonb`) → `jsonb`
Удаляет из данного значения JSON все поля объектов, имеющие значения null, на всех уровнях вложенности. Значения null, не относящиеся к полям объектов, сохраняются без изменений.
`json_strip_nulls('[{"f1":1, "f2":null}, 2, null, 3]')` → `[{"f1":1},2,null,3]`

`jsonb_path_exists` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `boolean`
Проверяет, есть ли в заданном значении JSON какой-либо элемент, соответствующий пути JSON. В случае присутствия аргумента *vars*, он должен содержать JSON-объект, поля которого будут подставляться в выражение `jsonpath` под их именами. Если передаётся аргумент *silent* и он равен `true`, функция подавляет те же ошибки, что и операторы `@?` и `@@`.
`jsonb_path_exists('{"a":[1,2,3,4,5]}', '$.a[*] ? (@ >= $min && @ <= $max)', '{"min":2, "max":4}')` → `t`

`jsonb_path_match` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `boolean`
Возвращает результат проверки предиката пути JSON для заданного значения JSON. При этом учитывается только первый элемент результата. Если результат не является логическим, возвращается `NULL`. Дополнительные аргументы *vars* и *silent* действуют так же, как и для `jsonb_path_exists`.
`jsonb_path_match('{"a":[1,2,3,4,5]}', 'exists($.a[*] ? (@ >= $min && @ <= $max))', '{"min":2, "max":4}')` → `t`

`jsonb_path_query` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `setof jsonb`
Возвращает все элементы JSON, полученные по указанному пути для заданного значения JSON. Дополнительные аргументы *vars* и *silent* действуют так же, как и для `jsonb_path_exists`.
`select * from jsonb_path_query('{"a":[1,2,3,4,5]}', '$.a[*] ? (@ >= $min && @ <= $max)', '{"min":2, "max":4}')` →
` jsonb_path_query`
`------------------`
` 2`
` 3`
` 4`

`jsonb_path_query_array` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `jsonb`
Возвращает все элементы JSON, полученные по указанному пути для заданного значения JSON, в виде JSON-массива. Дополнительные аргументы *vars* и *silent* действуют так же, как и для `jsonb_path_exists`.
`jsonb_path_query_array('{"a":[1,2,3,4,5]}', '$.a[*] ? (@ >= $min && @ <= $max)', '{"min":2, "max":4}')` → `[2, 3, 4]`

`jsonb_path_query_first` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `jsonb`

Функция Описание Пример(ы)
Возвращает первый элемент JSON, полученный по указанному пути для заданного значения JSON, либо NULL, если этому пути не соответствуют никакие элементы. Дополнительные аргументы *vars* и *silent* действуют так же, как и для `jsonb_path_exists`. `jsonb_path_query_first('{"a":[1,2,3,4,5]}', '$.a[*] ? (@ >= $min && @ <= $max)', '{"min":2, "max":4}')` → `2`

`jsonb_path_exists_tz` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `boolean`
`jsonb_path_match_tz` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `boolean`
`jsonb_path_query_tz` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `setof jsonb`
`jsonb_path_query_array_tz` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `jsonb`
`jsonb_path_query_first_tz` (*target* `jsonb`, *path* `jsonpath` [, *vars* `jsonb` [, *silent* `boolean`]]) → `jsonb`
Эти функции работают подобно их двойникам без суффикса `_tz`, описанным выше, за исключением того, что данные функции поддерживают сравнение значений с датой/временем, для которых должны учитываться часовые пояса. В следующем примере дата без указания времени `2015-08-02` должна преобразоваться в дату/время с часовым поясом, поэтому результат будет зависеть от текущего значения TimeZone. Вследствие этой зависимости данные функции помечены как стабильные (не постоянные), и поэтому их нельзя использовать в индексах. Их двойники являются постоянными и могут использоваться в индексах, но при попытке выполнить такое сравнение они будут выдавать ошибку.
`jsonb_path_exists_tz('["2015-08-01 12:00:00 -05"]', '$[*] ? (@.datetime() < "2015-08-02".datetime())')` → `t`

`jsonb_pretty` (`jsonb`) → `text`
Преобразует данное значение JSON в визуально улучшенное текстовое представление с отступами.
`jsonb_pretty('[{"f1":1,"f2":null}, 2]')` →
`[`
`    {`
`        "f1": 1,`
`        "f2": null`
`    },`
`    2`
`]`

`json_typeof` (`json`) → `text`
`jsonb_typeof` (`jsonb`) → `text`
Возвращает тип значения на верхнем уровне JSON в виде текстовой строки. Возможные типы: `object`, `array`, `string`, `number`, `boolean` и `null`. (Не следует путать эту строку `null` с SQL-значением NULL; см. примеры.)
`json_typeof('-123.4')` → `number`
`json_typeof('null'::json)` → `null`
`json_typeof(NULL::json) IS NULL` → `t`

9.16.2. Язык путей SQL/JSON

Выражения путей SQL/JSON определяют элементы, извлекаемые из данных JSON, подобно тому, как выражения XPath позволяют обращаться из SQL к XML. В PostgreSQL выражения путей представляются в виде типа данных `jsonpath` и могут использовать любые элементы, описанные в Подразделе 8.14.6.

Операторы и функции запросов к JSON передают поступившее им выражение *обработчику путей* для вычисления. Если выражению соответствуют фигурирующие в запросе данные JSON, в результате выдаётся соответствующий элемент JSON или набор элементов. Выражения путей записываются на языке путей SQL/JSON и могут включать сложные арифметические выражения и функции.

Выражение пути состоит из последовательности элементов, допустимых для типа `jsonpath`. Обычно оно вычисляется слева направо, но при необходимости порядок операций можно изменить, добавив скобки. В случае успешного вычисления выдаётся последовательность элементов JSON, и результат вычисления возвращается в функцию JSON-запроса, которая завершает обработку выражения.

Для обращения к поступившему в запрос значению JSON (*элементу контекста*) в выражении пути используется переменная `$`. Затем могут следовать один или более операторов обращения, которые, опускаясь в структуре JSON с одного уровня на другой, извлекают элементы, вложенные в текущий элемент контекста. При этом каждый последующий оператор имеет дело с результатом вычисления, полученным на предыдущем шаге.

Например, предположим, что у вас есть данные JSON, полученные от GPS-трекера, которые вы хотели бы проанализировать:

```
{
  "track": {
    "segments": [
      {
        "location":   [ 47.763, 13.4034 ],
        "start time": "2018-10-14 10:05:14",
        "HR": 73
      },
      {
        "location":   [ 47.706, 13.2635 ],
        "start time": "2018-10-14 10:39:21",
        "HR": 135
      }
    ]
  }
}
```

Чтобы получить имеющиеся сегменты треков, воспользуйтесь оператором обращения `.ключ`, который позволяет погрузиться внутрь JSON-объектов:

```
$.track.segments
```

Для получения содержимого массива обычно используется оператор `[*]`. Например, следующий путь выдаст координаты концов всех имеющихся сегментов треков:

```
$.track.segments[*].location
```

Чтобы получить координаты только первого сегмента, можно задать соответствующий индекс в операторе обращения `[]`. Заметьте, что индексы в JSON-массивах отсчитываются с 0:

```
$.track.segments[0].location
```

Результат каждого шага вычисления выражения может быть обработан операторами и методами `jsonpath`, перечисленными в Подразделе 9.16.2.2. Перед именем метода должна стоять точка. Например, так можно получить размер массива:

```
$.track.segments.size()
```

Другие примеры использования операторов и методов `jsonpath` в выражениях пути приведены ниже в Подразделе 9.16.2.2.

Определяя путь, также можно использовать *выражения фильтра*, работающие подобно предложению `WHERE` в SQL. Выражение фильтра начинается со знака вопроса и содержит условие в скобках:

```
? (условие)
```

Выражения фильтра указываются сразу после шага вычисления пути, к которому они должны применяться. Результаты шага проходят через фильтр, и на выходе остаются только те элементы, которые удовлетворяют заданному условию. В SQL/JSON действует троичная логика, то есть результатом выражения может быть `true`, `false` или `unknown` (неизвестность). Значение `unknown` играет ту же роль, что и `NULL` в SQL, и может быть проверено предикатом `is unknown`. На последующих шагах вычисления пути будут обрабатываться только те элементы, для которых выражение фильтра выдало `true`.

Функции и операторы, которые можно использовать в выражениях фильтра, перечислены в Таблице 9.49. Переменная `@` в выражении фильтра представляет фильтруемое значение (результат предыдущего шага в пути). Для получения внутренних элементов этого значения вы можете добавить после `@` операторы обращения.

Например, предположим, что вы хотите получить все показатели пульса, превышающие 130. Это можно сделать с помощью следующего выражения:

```
$.track.segments[*].HR ? (@ > 130)
```

Чтобы получить в результате время начала соответствующих сегментов, вы должны отфильтровать ненужные сегменты, а затем выбрать время, так что фильтр будет применяться к предыдущему шагу и путь окажется другим:

```
$.track.segments[*] ? (@.HR > 130)."start time"
```

Можно также использовать несколько выражений фильтра по очереди, когда это требуется. Например, следующее выражение выбирает время начала всех сегментов с определёнными координатами и высоким показателем пульса:

```
$.track.segments[*] ? (@.location[1] < 13.4) ? (@.HR > 130)."start time"
```

Также возможно использовать фильтры на разных уровнях вложенности. В следующем примере сначала сегменты фильтруются по координатам, а затем для подходящих сегментов, если они находятся, выбираются значения высокого пульса:

```
$.track.segments[*] ? (@.location[1] < 13.4).HR ? (@ > 130)
```

Можно также вкладывать выражения фильтра одно в другое:

```
$.track ? (exists(@.segments[*] ? (@.HR > 130))).segments.size()
```

Данное выражение возвращает количество сегментов в треке, если он содержит сегменты с высокими показателями пульса, или пустую последовательность, если таких сегментов нет.

Реализация языка путей SQL/JSON в PostgreSQL имеет следующие отличия от стандарта SQL/JSON:

- Выражение пути может быть булевым предикатом, хотя стандарт SQL/JSON допускает предикаты только в фильтрах. Это необходимо для реализации оператора `@@`. Например, следующее выражение `jsonpath` допускается в PostgreSQL:

  ```
  $.track.segments[*].HR < 70
  ```

- Есть небольшие различия в интерпретации шаблонов регулярных выражений, используемых в фильтрах `like_regex`; имеющиеся особенности описаны в Подразделе 9.16.2.3.

9.16.2.1. Строгий и нестрогий режимы

Когда вы обращаетесь к данным JSON, выражение пути может не соответствовать фактической структуре данных JSON. Попытка обратиться к несуществующему члену объекта или элементу массива приводит к ошибке структурного типа. Для обработки такого рода ошибок в выражениях путей SQL/JSON предусмотрены два режима:

- lax (по умолчанию) — нестрогий режим, в котором обработчик путей неявно адаптирует обрабатываемые данные к указанному пути. Любые возникающие структурные ошибки подавляются и заменяются пустыми последовательностями SQL/JSON.
- strict — строгий режим, в котором структурные ошибки выдаются как есть.

Нестрогий режим упрощает сопоставление структуры документа JSON с выражением пути в случаях, когда данные JSON не соответствуют ожидаемой схеме. Если операнд не удовлетворяет требованиям определённой операции, он может перед выполнением этой операции автоматически оборачиваться в массив SQL/JSON или наоборот, разворачиваться так, чтобы его элементы образовали последовательность SQL/JSON. Помимо этого, в нестрогом режиме операторы сравнения автоматически разворачивают свои операнды, что позволяет легко сравнивать массивы SQL/JSON. Массив с одним элементом в таком режиме считается равным своему элементу. Автоматическое разворачивание не выполняется только в следующих случаях:

- В выражении пути фигурируют методы `size()` и `type()`, возвращающие соответственно число элементов в массиве и тип.
- Обрабатываемые данные JSON содержат вложенные массивы. В этом случае разворачивается только массив верхнего уровня, а внутренние массивы остаются без изменений. Таким образом, неявное разворачивание может опускаться на каждом шаге вычисления пути только на один уровень.

Например, обрабатывая данные GPS, показанные выше, в нестрогом режиме можно не обращать внимание на то, что в них содержится массив сегментов:

```
lax $.track.segments.location
```

В строгом режиме указанный путь должен в точности соответствовать структуре обрабатываемого документа JSON и выдавать элемент SQL/JSON, поэтому использование такого выражения пути приведёт к ошибке. Чтобы получить такой же результат, как в нестрогом режиме, необходимо явно развернуть массив `segments`:

```
strict $.track.segments[*].location
```

Оператор обращения `.**` в нестрогом режиме может выдавать несколько неожиданные результаты. Например, следующий запрос выберет каждое значение `HR` дважды:

```
lax $.**.HR
```

Это происходит потому, что оператор `.**` выбирает и массив `segments`, и каждый из его элементов, а обращение `.HR` в нестрогом режиме автоматически разворачивает массивы. Во избежание подобных сюрпризов мы рекомендуем использовать оператор обращения `.**` только в строгом режиме. Следующий запрос выбирает каждое значение `HR` в единственном экземпляре:

```
strict $.**.HR
```

9.16.2.2. Операторы и методы SQL/JSON

В Таблице 9.48 показаны операторы и методы, поддерживаемые в значениях `jsonpath`. Заметьте, что унарные операторы и методы могут применяться к множеству значений, полученных на предыдущем шаге пути, тогда как бинарные операторы (сложение и т. п.) применяются только к отдельным значениям.

Таблица 9.48. Операторы и методы `jsonpath`

Оператор/Метод Описание Пример(ы)
число + *число* → *число* Сложение `jsonb_path_query('[2]', '$[0] + 3')` → `5`
+ *число* → *число* Унарный плюс (нет операции); в отличие от сложения, он может итерационно применяться к множеству значений `jsonb_path_query_array('{"x": [2,3,4]}', '+ $.x')` → `[2, 3, 4]`
число - *число* → *число* Вычитание `jsonb_path_query('[2]', '7 - $[0]')` → `5`
- *число* → *число* Смена знака; в отличие от вычитания, этот оператор может итерационно применяться к множеству значений `jsonb_path_query_array('{"x": [2,3,4]}', '- $.x')` → `[-2, -3, -4]`
число * *число* → *число* Умножение `jsonb_path_query('[4]', '2 * $[0]')` → `8`
число / *число* → *число* Деление `jsonb_path_query('[8.5]', '$[0] / 2')` → `4.2500000000000000`
число % *число* → *число* Остаток от деления `jsonb_path_query('[32]', '$[0] % 10')` → `2`
значение . `type()` → *строка* Тип элемента JSON (см. `json_typeof`) `jsonb_path_query_array('[1, "2", {}]', '$[*].type()')` → `["number", "string", "object"]`
значение . `size()` → *число* Размер элемента JSON (число элементов в массиве либо 1, если это не массив) `jsonb_path_query('{"m": [11, 15]}', '$.m.size()')` → `2`
значение . `double()` → *число* Приблизительное число с плавающей точкой, преобразованное из строки или числа JSON `jsonb_path_query('{"len": "1.9"}', '$.len.double() * 2')` → `3.8`
число . `ceiling()` → *число* Ближайшее целое, большее или равное заданному числу `jsonb_path_query('{"h": 1.3}', '$.h.ceiling()')` → `2`
число . `floor()` → *число* Ближайшее целое, меньшее или равное заданному числу `jsonb_path_query('{"h": 1.7}', '$.h.floor()')` → `1`
число . `abs()` → *число* Модуль заданного числа (абсолютное значение)

Оператор/Метод Описание Пример(ы)
`jsonb_path_query('{"z": -0.3}', '$.z.abs()')` → `0.3`
строка . `datetime()` → *тип_даты_времени* (см. примечание) Значение даты/времени, полученное из строки `jsonb_path_query('["2015-8-1", "2015-08-12"]', '$[*] ? (@.datetime() < "2015-08-2".datetime())')` → `"2015-8-1"`
string . `datetime(` *шаблон*`)` → *тип_даты_времени* (см. примечание) Значение даты/времени, преобразованное из строки по шаблону `to_timestamp` `jsonb_path_query_array('["12:30", "18:40"]', '$[*].datetime("HH24:MI")')` → `["12:30:00", "18:40:00"]`
object . `keyvalue()` → *массив* Пары ключ-значение, представленные в виде массива объектов со следующими тремя полями: `"key"`, `"value"` и `"id"`; в `"id"` содержится уникальный идентификатор объекта, к которому относится данная пара ключ-значение `jsonb_path_query_array('{"x": "20", "y": 32}', '$.keyvalue()')` → `[{"id": 0, "key": "x", "value": "20"}, {"id": 0, "key": "y", "value": 32}]`

Примечание

Результирующим типом методов `datetime()` и `datetime(`*шаблон*`)` может быть `date`, `timetz`, `time`, `timestamptz` или `timestamp`. Эти два метода определяют тип своего результата автоматически.

Метод `datetime()` пытается последовательно сопоставить поступившую на вход строку с ISO-форматами типов `date`, `timetz`, `time`, `timestamptz` и `timestamp`. Встретив первый подходящий формат, он останавливается и возвращает соответствующий тип данных.

Метод `datetime(`*шаблон*`)` определяет результирующий тип в соответствии с полями заданного шаблона.

Методы `datetime()` и `datetime(`*шаблон*`)` применяют те же правила разбора строки, что и SQL-функция `to_timestamp` (см. Раздел 9.8), но с тремя исключениями. Во-первых, эти методы не позволяют использовать в шаблоне поля, которым не находится соответствие. Во-вторых, в шаблоне допускаются только следующие разделители: знак минуса, точка, косая черта, запятая, апостроф, точка с запятой, запятая и пробел. В-третьих, разделители в шаблоне должны в точности соответствовать входной строке.

Если требуется сравнить значения разных типов даты/времени, применяется неявное приведение типа. Значение `date` может быть приведено к типу `timestamp` или `timestamptz`; `timestamp` — к типу `timestamptz`, а `time` — к `timetz`. Однако все эти приведения, кроме первого, зависят от текущего значения TimeZone и поэтому не могут выполняться в функциях `jsonpath`, не учитывающих часовой пояс.

В Таблице 9.49 перечислены допустимые элементы выражения фильтра.

Таблица 9.49. Элементы выражения фильтра `jsonpath`

Предикат/значение Описание Пример(ы)
значение `==` *значение* → `boolean` Проверка равенства (все операторы сравнения, включая этот, работают с любыми скалярными значениями JSON)

<table>
<tr><th>Предикат/значение
Описание
Пример(ы)</th></tr>
<tr><td>jsonb_path_query_array('[1, "a", 1, 3]', '$[*] ? (@ == 1)') → [1, 1]
jsonb_path_query_array('[1, "a", 1, 3]', '$[*] ? (@ == "a")') → ["a"]</td></tr>
<tr><td>значение != значение → boolean
значение <> значение → boolean
Проверка неравенства
jsonb_path_query_array('[1, 2, 1, 3]', '$[*] ? (@ != 1)') → [2, 3]
jsonb_path_query_array('["a", "b", "c"]', '$[*] ? (@ <> "b")') → ["a", "c"]</td></tr>
<tr><td>значение < значение → boolean
Проверка «меньше»
jsonb_path_query_array('[1, 2, 3]', '$[*] ? (@ < 2)') → [1]</td></tr>
<tr><td>значение <= значение → boolean
Проверка «меньше или равно»
jsonb_path_query_array('["a", "b", "c"]', '$[*] ? (@ <= "b")') → ["a", "b"]</td></tr>
<tr><td>значение > значение → boolean
Проверка «больше»
jsonb_path_query_array('[1, 2, 3]', '$[*] ? (@ > 2)') → [3]</td></tr>
<tr><td>значение >= значение → boolean
Проверка «больше или равно»
jsonb_path_query_array('[1, 2, 3]', '$[*] ? (@ >= 2)') → [2, 3]</td></tr>
<tr><td>true → boolean
JSON-константа true
jsonb_path_query('[{"name": "John", "parent": false}, {"name": "Chris", "parent": true}]', '$[*] ? (@.parent == true)') → {"name": "Chris", "parent": true}</td></tr>
<tr><td>false → boolean
JSON-константа false
jsonb_path_query('[{"name": "John", "parent": false}, {"name": "Chris", "parent": true}]', '$[*] ? (@.parent == false)') → {"name": "John", "parent": false}</td></tr>
<tr><td>null → значение
JSON-константа null (заметьте, что в отличие от SQL сравнение с null работает традиционным образом)
jsonb_path_query('[{"name": "Mary", "job": null}, {"name": "Michael", "job": "driver"}]', '$[*] ? (@.job == null) .name') → "Mary"</td></tr>
<tr><td>логическое_значение && логическое_значение → boolean
Логическое И
jsonb_path_query('[1, 3, 7]', '$[*] ? (@ > 1 && @ < 5)') → 3</td></tr>
<tr><td>логическое_значение || логическое_значение → boolean
Логическое ИЛИ
jsonb_path_query('[1, 3, 7]', '$[*] ? (@ < 1 || @ > 5)') → 7</td></tr>
<tr><td>! логическое_значение → boolean</td></tr>
</table>

Предикат/значение Описание Пример(ы)
Логическое НЕ `jsonb_path_query('[1, 3, 7]', '$[*] ? (!(@ < 5))')` → `7`
логическое_значение `is unknown` → `boolean` Проверяет, является ли `unknown` результатом логического условия. `jsonb_path_query('[-1, 2, 7, "foo"]', '$[*] ? ((@ > 0) is unknown)')` → `"foo"`

строка `like_regex` *строка* [`flag` *строка*] → `boolean`
Проверяет, соответствует ли первый операнд регулярному выражению, которое задаёт второй операнд с необязательным аргументом `flag`, влияющим на поведение выражения (см. Подраздел 9.16.2.3).
`jsonb_path_query_array('["abc", "abd", "aBdC", "abdacb", "babc"]', '$[*] ? (@ like_regex "^ab.*c")')` → `["abc", "abdacb"]`
`jsonb_path_query_array('["abc", "abd", "aBdC", "abdacb", "babc"]', '$[*] ? (@ like_regex "^ab.*c" flag "i")')` → `["abc", "aBdC", "abdacb"]`

строка `starts with` *строка* → `boolean` Проверяет, является ли второй операнд начальной подстрокой первого. `jsonb_path_query('["John Smith", "Mary Stone", "Bob Johnson"]', '$[*] ? (@ starts with "John")')` → `"John Smith"`

`exists (` *выражение_пути* `)` → `boolean`
Проверяет, соответствует ли выражению пути минимум один элемент SQL/JSON. Возвращает `unknown`, если вычисление выражения пути могло привести к ошибке; это используется во втором примере для недопущения ошибки «ключ не найден» в строгом режиме.
`jsonb_path_query('{"x": [1, 2], "y": [2, 4]}', 'strict $.* ? (exists (@ ? (@[*] > 2)))')` → `[2, 4]`
`jsonb_path_query_array('{"value": 41}', 'strict $ ? (exists (@.name)) .name')` → `[]`

9.16.2.3. Регулярные выражения SQL/JSON

Выражения путей SQL/JSON могут содержать фильтры `like_regex`, позволяющие сопоставлять текст с регулярным выражением. Например, следующий запрос пути SQL/JSON выберет все строки в массиве, которые начинаются с английской гласной в любом регистре:

```
$[*] ? (@ like_regex "^[aeiou]" flag "i")
```

Необязательная строка `flag` может содержать один или несколько следующих символов: `i`, делающий поиск регистронезависимым, `m`, допускающий сопоставление `^` и `$` с переводами строк, `s`, допускающий сопоставление `.` с символом новой строки, и `q`, берущий в кавычки весь шаблон (в результате производится простой поиск подстроки).

Стандарт SQL/JSON заимствует определение регулярных выражений от оператора `LIKE_REGEX`, который, в свою очередь, реализуется по стандарту XQuery. Однако в PostgreSQL оператор `LIKE_REGEX` в настоящее время отсутствует. Поэтому фильтр `like_regex` реализован с использованием механизма регулярных выражений POSIX, который описан в Подразделе 9.7.3. Вследствие этого наблюдается ряд небольших отклонений от описанного в стандарте поведения SQL/JSON, о которых рассказывается в Подразделе 9.7.3.8. Заметьте однако, что описанная там несовместимость букв флагов не проявляется на уровне SQL/JSON, так как заданные в SQL/JSON флаги XQuery переводятся во флаги, воспринимаемые механизмом POSIX.

Помните, что аргумент, задающий шаблон для `like_regex`, является строкой пути JSON и записывается по правилам, описанным в Подразделе 8.14.6. Это в частности означает, что каждую косую черту в регулярном выражении надо дублировать. Например, чтобы отобрать строковые значения, находящиеся на уровне корня документа и содержащие только цифры, нужно написать:

```
$.* ? (@ like_regex "^\\d+$")
```

9.17. Функции для работы с последовательностями

В этом разделе описаны функции для работы с объектами, представляющими *последовательности*. Такие объекты (также называемыми генераторами последовательностей или просто последовательностями) являются специальными таблицами из одной строки и создаются командой CREATE SEQUENCE. Используются они обычно для получения уникальных идентификаторов строк таблицы. Функции, перечисленные в Таблице 9.50, предоставляют простые и безопасные для параллельного использования методы получения очередных значений таких последовательностей.

Таблица 9.50. Функции для работы с последовательностями

Функция Описание
`nextval` (`regclass`) → `bigint` Продвигает объект последовательности к следующему значению и возвращает это значение. Это действие атомарно: даже если вызвать `nextval` параллельно в нескольких сеансах, в каждом вызове будет гарантированно получено неповторяющееся значение последовательности. Если объект последовательности создаётся с параметрами по умолчанию, при каждом очередном вызове `nextval` будет выдаваться следующее по порядку значение, начиная с 1. Изменить это поведение можно, установив соответствующие параметры команды CREATE SEQUENCE. Этой функции требуется право `USAGE` или `UPDATE` для последовательности.
`setval` (`regclass`, `bigint` [, `boolean`]) → `bigint` Устанавливает для объекта последовательности текущее значение и может также установить флаг `is_called`. В форме с двумя параметрами устанавливает для последовательности заданное значение поля `last_value` и значение `true` для флага `is_called`, показывающего, что при следующем вызове `nextval` последовательность должна сначала продвинуться к очередному значению, которое будет возвращено. При этом `currval` также возвратит заданное значение. В форме с тремя параметрами флагу `is_called` тоже можно присвоить `true` или `false`. Со значением `true` она действует так же, как и форма с двумя параметрами. Если же присвоить этому флагу значение `false`, первый вызов `nextval` после этого вернёт именно заданное значение, а продвижение последовательности произойдёт при последующем вызове `nextval`. Кроме того, значение, возвращаемое `currval` в этом случае, не меняется. Например: `SELECT setval('myseq', 42);` *При следующем вызове nextval выдаст 43* `SELECT setval('myseq', 42, true);` *То же самое* `SELECT setval('myseq', 42, false);` *При следующем вызове nextval выдаст 42* Результатом `setval` будет просто значение её второго аргумента. Этой функции требуется право `UPDATE` для последовательности.
`currval` (`regclass`) → `bigint` Возвращает значение, выданное при последнем вызове `nextval` для этой последовательности в текущем сеансе. (Если в данном сеансе `nextval` ни разу не вызывалась для данной последовательности, возвращается ошибка.) Так как это значение ограничено рамками сеанса, эта функция выдаёт предсказуемый результат вне зависимости от того, вызвалась ли впоследствии `nextval` в других сеансах или нет. Этой функции требуется право `USAGE` или `SELECT` для последовательности.
`lastval` () → `bigint` Возвращает значение, выданное при последнем вызове `nextval` в текущем сеансе. Эта функция подобна `currval`, но она не принимает в параметрах имя последовательности, а

Функция Описание
обращается к той последовательности, для которой вызывалась `nextval` в последний раз в текущем сеансе. Если в текущем сеансе функция `nextval` ещё не вызывалась, при вызове `lastval` произойдёт ошибка. Этой функции требуется право `USAGE` или `SELECT` для последней использованной последовательности.

Внимание

Во избежание блокирования параллельных транзакций, пытающихся получить значения одной последовательности, значение, выданное функцией `nextval`, не высвобождается для повторного использования, если вызывающая транзакция впоследствии прерывается. Это означает, что в случае сбоев базы данных или прерывания транзакций в последовательности задействованных значений могут появляться пропуски. Пропуски могут появиться и без прерывания транзакции. Например, команда `INSERT` с предложением `ON CONFLICT` вычислит кортеж, претендующий на добавление, произведя все требуемые вызовы `nextval`, прежде чем выявит конфликты, которые могут привести к отработке правил `ON CONFLICT` вместо добавления. Таким образом, объекты последовательностей PostgreSQL *не годятся для получения непрерывных последовательностей*.

В том же ключе изменения состояния последовательности, произведённые функцией `setval`, сразу же становятся видимыми для других транзакций и не отменяются при откате транзакции, вызвавшей эту функцию.

Если кластер базы прерывает работу до фиксации транзакции, содержащей вызов функции `nextval` или `setval`, изменение состояния последовательности может не попасть в постоянное хранилище, поэтому неизвестно, какое состояние будет иметь последовательность после перезапуска кластера: исходное или изменённое. Это не создаёт проблем при использовании последовательности внутри базы данных, так как другие изменения незафиксированных транзакций также не будут видны. Однако если значение последовательности будет сохраняться и использоваться вне базы данных, следует предварительно убедиться в том, что вызов функции `nextval` успешно зафиксирован.

Последовательность, к которой будет обращаться одна из этих функций, определяется аргументом `regclass`, задающим просто OID последовательности в системном каталоге `pg_class`. Вычислять этот OID вручную не нужно, так как процедура ввода данных `regclass` автоматически выполнит эту работу за вас. Просто запишите имя последовательности в апострофах, чтобы оно выглядело как строковая константа. Для совместимости с обычными именами SQL эта строка будет переведена в нижний регистр, если только она не заключена в кавычки. Например:

```
nextval('foo')      обращается к последовательности foo
nextval('FOO')      обращается к последовательности foo
nextval('"Foo"')    обращается к последовательности Foo
```

При необходимости имя последовательности можно дополнить именем схемы:

```
nextval('myschema.foo')     обращается к myschema.foo
nextval('"myschema".foo')   то же самое
nextval('foo')              ищет foo в пути поиска
```

Подробнее тип `regclass` описан в Разделе 8.19.

Примечание

В PostgreSQL до версии 8.1 аргументы этих функций имели тип `text`, а не `regclass`, и поэтому описанное выше преобразование текстовой строки в OID имело место при каждом вызове функции. Это поведение сохраняется и сейчас для обратной совместимости, но сейчас оно реализовано как неявное приведение типа `text` к типу `regclass` перед вызовом функции.

Когда вы записываете аргумент функции, работающей с последовательностью, как текстовую строку в чистом виде, она становится константой типа `regclass`. Так как фактически это будет просто значение OID, оно будет привязано к изначально идентифицированной последовательности, несмотря на то, что она может быть переименована, перенесена в другую схему и т. д. Такое «раннее связывание» обычно желательно для ссылок на последовательности в значениях столбцов по умолчанию и представлениях. Но иногда возникает необходимость в «позднем связывании», когда ссылки на последовательности распознаются в процессе выполнения. Чтобы получить такое поведение, нужно принудительно изменить тип константы с `regclass` на `text`:

```
nextval('foo'::text)      foo распознаётся во время выполнения
```

Заметьте, что версии PostgreSQL до 8.1 поддерживали только позднее связывание, так что это может быть полезно и для совместимости со старыми приложениями.

Конечно же, аргументом таких функций может быть не только константа, но и выражение. Если это выражение текстового типа, неявное приведение типов повлечёт разрешение имени во время выполнения.

9.18. Условные выражения

В этом разделе описаны SQL-совместимые условные выражения, которые поддерживаются в PostgreSQL.

Подсказка

Если возможностей этих условных выражений оказывается недостаточно, вероятно, имеет смысл перейти к написанию серверных функций на более мощном языке программирования.

Примечание

Хотя конструкции `COALESCE`, `GREATEST` и `LEAST` синтаксически похожи на функции, они не являются обычными функциями, и поэтому им нельзя передать в аргументах явно описанный массив `VARIADIC`.

9.18.1. CASE

Выражение `CASE` в SQL представляет собой общее условное выражение, напоминающее операторы if/else в других языках программирования:

```
CASE WHEN условие THEN результат
     [WHEN ...]
     [ELSE результат]
END
```

Предложения `CASE` можно использовать везде, где допускаются выражения. Каждое *условие* в нём представляет собой выражение, возвращающее результат типа `boolean`. Если результатом выражения оказывается true, значением выражения `CASE` становится *результат*, следующий за условием, а остальная часть выражения `CASE` не вычисляется. Если же условие не выполняется, за ним таким же образом проверяются все последующие предложения `WHEN`. Если не выполняется ни одно из *условий* WHEN, значением CASE становится *результат*, записанный в предложении ELSE. Если при этом предложение ELSE отсутствует, результатом выражения будет NULL.

Пример:

```
SELECT * FROM test;

 a
---
 1
 2
 3


SELECT a,
       CASE WHEN a=1 THEN 'one'
            WHEN a=2 THEN 'two'
            ELSE 'other'
       END
    FROM test;

 a | case
---+-------
 1 | one
 2 | two
 3 | other
```

Типы данных всех выражений *результатов* должны приводиться к одному выходному типу. Подробнее это описано в Разделе 10.5.

Существует также «простая» форма выражения CASE, разновидность вышеприведённой общей формы:

```
CASE выражение
    WHEN значение THEN результат
    [WHEN ...]
    [ELSE результат]
END
```

В такой форме сначала вычисляется первое *выражение*, а затем его результат сравнивается с выражениями *значений* в предложениях WHEN, пока не будет найдено равное ему. Если такого значения не находится, возвращается *результат* предложения ELSE (или NULL). Эта форма больше похожа на оператор switch, существующий в языке C.

Показанный ранее пример можно записать по-другому, используя простую форму CASE:

```
SELECT a,
       CASE a WHEN 1 THEN 'one'
              WHEN 2 THEN 'two'
              ELSE 'other'
       END
    FROM test;

 a | case
---+-------
 1 | one
 2 | two
 3 | other
```

В выражении CASE вычисляются только те подвыражения, которые необходимы для получения результата. Например, так можно избежать ошибки деления на ноль:

```
SELECT ... WHERE CASE WHEN x <> 0 THEN y/x > 1.5 ELSE false END;
```

> **Примечание**
>
> Как было описано в Подразделе 4.2.14, всё же возможны ситуации, когда подвыражения вычисляются на разных этапах, так что железной гарантии, что в «`CASE` вычисляются только необходимые подвыражения», в принципе нет. Например, константное подвыражение `1/0` обычно вызывает ошибку деления на ноль на этапе планирования, хотя эта ветвь `CASE` может вовсе не вычисляться во время выполнения.

9.18.2. COALESCE

`COALESCE(`*`значение`*` [, ...])`

Функция `COALESCE` возвращает первый попавшийся аргумент, отличный от NULL. Если же все аргументы равны NULL, результатом тоже будет NULL. Это часто используется при отображении данных для подстановки некоторого значения по умолчанию вместо значений NULL:

```
SELECT COALESCE(description, short_description, '(none)') ...
```

Этот запрос вернёт значение `description`, если оно не равно NULL, либо `short_description`, если оно не NULL, и строку `(none)`, если оба эти значения равны NULL.

Аргументы должны быть приводимыми к одному общему типу, который и будет типом результата (подробнее об этом говорится в Разделе 10.5).

Как и выражение `CASE`, `COALESCE` вычисляет только те аргументы, которые необходимы для получения результата; то есть, аргументы правее первого отличного от NULL аргумента не вычисляются. Эта функция соответствует стандарту SQL, а в некоторых других СУБД её аналоги называются `NVL` и `IFNULL`.

9.18.3. NULLIF

`NULLIF(`*`значение1`*`, `*`значение2`*`)`

Функция `NULLIF` выдаёт значение NULL, если *`значение1`* равно *`значение2`*; в противном случае она возвращает *`значение1`*. Это может быть полезно для реализации обратной операции к `COALESCE`. В частности, для примера, показанного выше:

```
SELECT NULLIF(value, '(none)') ...
```

В данном примере если `value` равно `(none)`, выдаётся null, а иначе возвращается значение `value`.

Два её аргумента должны быть сравнимых типов. Если говорить точнее, они сравниваются точно так же, как сравнивались бы в записи *`значение1`*` = `*`значение2`*, так что для этих типов должен существовать подходящий оператор `=`.

Результат будет иметь тот же тип, что и первый аргумент, но есть одна тонкость. Эта функция фактически возвращает первый аргумент подразумеваемого оператора `=`, который в некоторых случаях преобразуется к типу второго аргумента. Например, `NULLIF(1, 2.2)` возвращает `numeric`, так как оператор `integer = numeric` не существует, существует только оператор `numeric = numeric`.

9.18.4. GREATEST и LEAST

`GREATEST(`*`значение`*` [, ...])`

`LEAST(`*`значение`*` [, ...])`

Функции `GREATEST` и `LEAST` выбирают наибольшее или наименьшее значение из списка выражений. Все эти выражения должны приводиться к общему типу данных, который станет типом результата (подробнее об этом в Разделе 10.5). Значения NULL в этом списке игнорируются, так что результат выражения будет равен NULL, только если все его аргументы равны NULL.

Заметьте, что функции `GREATEST` и `LEAST` не описаны в стандарте SQL, но часто реализуются в СУБД как расширения. В некоторых других СУБД они могут возвращать NULL, когда не все, а любой из аргументов равен NULL.

9.19. Функции и операторы для работы с массивами

В Таблице 9.51 показаны имеющиеся специальные операторы для типов-массивов. Кроме них для массивов определены обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Эти операторы сравнения сопоставляют содержимое массивов по элементам, используя при этом функцию сравнения для B-дерева, определённую для типа данного элемента по умолчанию, и упорядочивают их по первому различию. В многомерных массивах элементы просматриваются по строкам (индекс последней размерности меняется в первую очередь). Если содержимое двух массивов совпадает, а размерности отличаются, результат их сравнения будет определяться первым отличием в размерностях. (В PostgreSQL до версии 8.2 поведение было другим: два массива с одинаковым содержимым считались одинаковыми, даже если число их размерностей и границы индексов различались.)

Таблица 9.51. Операторы для работы с массивами

Оператор Описание Пример(ы)

`anyarray @> anyarray` → `boolean`
Первый массив содержит второй (имеется ли для каждого элемента второго массива равный ему в первом)? (Повторяющиеся элементы рассматриваются на общих основаниях, поэтому массивы `ARRAY[1]` и `ARRAY[1,1]` считаются содержащими друг друга.)
`ARRAY[1,4,3] @> ARRAY[3,1,3]` → `t`

`anyarray <@ anyarray` → `boolean`
Первый массив содержится во втором?
`ARRAY[2,2,7] <@ ARRAY[1,7,4,2,6]` → `t`

`anyarray && anyarray` → `boolean`
Массивы пересекаются (у них есть общие элементы)?
`ARRAY[1,4,3] && ARRAY[2,1]` → `t`

`anyarray || anyarray` → `anyarray`
Соединяет два массива. Если один из операндов — NULL или пустой массив, оператор никак не действует; в противном случае число размерностей массивов должно быть одинаковым (этот случай показан в первом примере) или могут отличаться на один (это иллюстрирует второй пример).
`ARRAY[1,2,3] || ARRAY[4,5,6,7]` → `{1,2,3,4,5,6,7}`
`ARRAY[1,2,3] || ARRAY[[4,5,6], [7,8,9]]` → `{{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}}`

`anyelement || anyarray` → `anyarray`
Вставляет элемент в начало массива (массив должен быть пустым или одномерным).
`3 || ARRAY[4,5,6]` → `{3,4,5,6}`

`anyarray || anyelement` → `anyarray`
Вставляет элемент в конец массива (массив должен быть пустым или одномерным).
`ARRAY[4,5,6] || 7` → `{4,5,6,7}`

Подробнее поведение операторов с массивами описано в Разделе 8.15. За дополнительными сведениями об операторах, поддерживающих индексы, обратитесь к Разделу 11.2.

В Таблице 9.52 перечислены функции, предназначенные для работы с массивами. Дополнительная информация о них и примеры использования приведены в Разделе 8.15.

Таблица 9.52. Функции для работы с массивами

Функция Описание Пример(ы)

`array_append ( anyarray, anyelement ) → anyarray`
Добавляет элемент в конец массива (так же, как оператор `anyarray || anyelement`).
`array_append(ARRAY[1,2], 3)` → `{1,2,3}`

`array_cat ( anyarray, anyarray ) → anyarray`
Соединяет два массива (так же, как оператор `anyarray || anyarray`).
`array_cat(ARRAY[1,2,3], ARRAY[4,5])` → `{1,2,3,4,5}`

`array_dims ( anyarray ) → text`
Возвращает текстовое представление размерностей массива.
`array_dims(ARRAY[[1,2,3], [4,5,6]])` → `[1:2][1:3]`

`array_fill ( anyelement, integer[] [, integer[]] ) → anyarray`
Возвращает массив, заполненный заданным значением и имеющий размерности, указанные во втором аргументе. В необязательном третьем аргументе могут быть заданы нижние границы для каждой размерности (по умолчанию `1`).
`array_fill(11, ARRAY[2,3])` → `{{11,11,11},{11,11,11}}`
`array_fill(7, ARRAY[3], ARRAY[2])` → `[2:4]={7,7,7}`

`array_length ( anyarray, integer ) → integer`
Возвращает длину указанной размерности массива. (Для пустых или несуществующих размерностей массива выдаёт не 0, а NULL.)
`array_length(array[1,2,3], 1)` → `3`
`array_length(array[]::int[], 1)` → `NULL`
`array_length(array['text'], 2)` → `NULL`

`array_lower ( anyarray, integer ) → integer`
Возвращает нижнюю границу указанной размерности массива.
`array_lower('[0:2]={1,2,3}'::integer[], 1)` → `0`

`array_ndims ( anyarray ) → integer`
Возвращает число размерностей массива.
`array_ndims(ARRAY[[1,2,3], [4,5,6]])` → `2`

`array_position ( anyarray, anyelement [, integer] ) → integer`
Возвращает позицию первого вхождения второго аргумента в массиве либо `NULL` в случае отсутствия соответствующего элемента. Если задан третий аргумент, поиск начинается с заданной позиции. Массив должен быть одномерным. Эта функция определяет равенство как `IS NOT DISTINCT FROM`, что позволяет искать и значения `NULL`.
`array_position(ARRAY['sun', 'mon', 'tue', 'wed', 'thu', 'fri', 'sat'], 'mon')` → `2`

`array_positions ( anyarray, anyelement ) → integer[]`
Возвращает массив позиций всех вхождений второго аргумента в одномерном массиве, заданном первым аргументом. Эта функция определяет равенство как `IS NOT DISTINCT FROM`, что позволяет искать и значения `NULL`. Результат `NULL` возвращается, только если в качестве массива передаётся `NULL`; в случае же отсутствия искомого значения в заданном массиве возвращается пустой массив.
`array_positions(ARRAY['A','A','B','A'], 'A')` → `{1,2,4}`

Функция **Описание** **Пример(ы)**

`array_prepend` (`anyelement`, `anyarray`) → `anyarray`
Вставляет элемент в начало массива (так же, как оператор `anyelement || anyarray`).
`array_prepend(1, ARRAY[2,3])` → `{1,2,3}`

`array_remove` (`anyarray`, `anyelement`) → `anyarray`
Удаляет из массива все элементы, равные заданному значению. Массив должен быть одномерным. Эта функция определяет равенство как `IS NOT DISTINCT FROM`, что позволяет удалять и элементы `NULL`.
`array_remove(ARRAY[1,2,3,2], 2)` → `{1,3}`

`array_replace` (`anyarray`, `anyelement`, `anyelement`) → `anyarray`
Заменяет каждый элемент массива, равный второму аргументу, значением третьего аргумента.
`array_replace(ARRAY[1,2,5,4], 5, 3)` → `{1,2,3,4}`

`array_to_string` (*`array`* `anyarray`, *`delimiter`* `text` [, *`null_string`* `text`]) → `text`
Представляет все элементы массива в виде текстовых строк и объединяет эти строки через разделитель, заданный параметром *`delimiter`*. Если в параметре *`null_string`* передана отличная от `NULL` строка, эта строка будет представлять содержащиеся в массиве элементы `NULL`, в противном случае такие элементы опускаются.
`array_to_string(ARRAY[1, 2, 3, NULL, 5], ',', '*')` → `1,2,3,*,5`

`array_upper` (`anyarray`, `integer`) → `integer`
Возвращает верхнюю границу указанной размерности массива.
`array_upper(ARRAY[1,8,3,7], 1)` → `4`

`cardinality` (`anyarray`) → `integer`
Возвращает общее число элементов в массиве (0, если массив пуст).
`cardinality(ARRAY[[1,2],[3,4]])` → `4`

`string_to_array` (*`string`* `text`, *`delimiter`* `text` [, *`null_string`* `text`]) → `text[]`
Разделяет заданную параметром *`string`* строку на поля по разделителю *`delimiter`* и формирует из полученных подстрок массив значений `text`. Если в качестве *`delimiter`* передаётся `NULL`, каждый символ *`string`* становится отдельным элементом массива. Если в *`delimiter`* передаётся пустая строка, вся строка *`string`* воспринимается как одно поле и помещается в один элемент массива. Если в аргументе *`null_string`* передана отличная от `NULL` строка, поля, совпадающие с этой строкой, заменяются значениями `NULL`.
`string_to_array('xx~~yy~~zz', '~~', 'yy')` → `{xx,NULL,zz}`

`unnest` (`anyarray`) → `setof anyelement`
Разворачивает массив в набор строк. Элементы массива прочитываются в порядке хранения.
`unnest(ARRAY[1,2])` →
`1`
`2`
`unnest(ARRAY[['foo','bar'],['baz','quux']])` →
`foo`
`bar`
`baz`
`quux`

`unnest` (`anyarray`, `anyarray` [, ...]) → `setof anyelement, anyelement [, ... ]`

Функция Описание Пример(ы)

Разворачивает массивы (возможно разных типов) в набор кортежей. Если массивы имеют разную длину, кортежи дополняются до большей длины значениями `NULL`. Эта форма допускается только в предложении FROM; см. Подраздел 7.2.1.4.
`select * from unnest(ARRAY[1,2], ARRAY['foo','bar','baz']) as x(a,b)` →
`a | b`
`---+-----`
`1 | foo`
`2 | bar`
`| baz`

> **Примечание**
>
> В поведении `string_to_array` по сравнению с PostgreSQL версий до 9.1 произошли два изменения. Во-первых, эта функция возвращает пустой массив (содержащий 0 элементов), а не `NULL`, когда входная строка имеет нулевую длину. Во-вторых, если в качестве разделителя задан `NULL`, эта функция разбивает строку по символам, а не просто возвращает `NULL`, как было раньше.

Вы также можете узнать об агрегатной функции, работающей с массивами, `array_agg` в Разделе 9.21.

9.20. Диапазонные функции и операторы

Диапазонные типы данных рассматриваются в Разделе 8.17.

В Таблице 9.53 показаны имеющиеся специальные операторы для диапазонных типов. Кроме них для диапазонов определены обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Операторы сравнения сначала сравнивают нижние границы диапазонов, и только если они равны, сравнивают верхние границы. Такие операторы сравнения обычно не помогают получить полезный в целом вариант сортировки, но позволяют строить по диапазонам уникальные индексы.

Таблица 9.53. Диапазонные операторы

Оператор Описание Пример(ы)

`anyrange @> anyrange → boolean`
Первый диапазон содержит второй?
`int4range(2,4) @> int4range(2,3)` → `t`

`anyrange @> anyelement → boolean`
Диапазон содержит заданный элемент?
`'[2011-01-01,2011-03-01)'::tsrange @> '2011-01-10'::timestamp` → `t`

`anyrange <@ anyrange → boolean`
Первый диапазон содержится во втором?
`int4range(2,4) <@ int4range(1,7)` → `t`

`anyelement <@ anyrange → boolean`
Заданный элемент содержится в диапазоне?
`42 <@ int4range(1,7)` → `f`

`anyrange && anyrange → boolean` Диапазоны пересекаются (у них есть общие элементы)?

Оператор

Описание

Пример(ы)

`int8range(3,7) && int8range(4,12)` → `t`

`anyrange << anyrange` → `boolean`

Первый диапазон располагается строго слева от второго?

`int8range(1,10) << int8range(100,110)` → `t`

`anyrange >> anyrange` → `boolean`

Первый диапазон располагается строго справа от второго?

`int8range(50,60) >> int8range(20,30)` → `t`

`anyrange &< anyrange` → `boolean`

Первый диапазон не простирается правее второго?

`int8range(1,20) &< int8range(18,20)` → `t`

`anyrange &> anyrange` → `boolean`

Первый диапазон не простирается левее второго?

`int8range(7,20) &> int8range(5,10)` → `t`

`anyrange -|- anyrange` → `boolean`

Диапазоны примыкают друг к другу?

`numrange(1.1,2.2) -|- numrange(2.2,3.3)` → `t`

`anyrange + anyrange` → `anyrange`

Вычисляет объединение диапазонов. Диапазоны должны пересекаться или касаться друг друга, чтобы их объединением был один диапазон (но см. `range_merge()`).

`numrange(5,15) + numrange(10,20)` → `[5,20)`

`anyrange * anyrange` → `anyrange`

Вычисляет пересечение диапазонов.

`int8range(5,15) * int8range(10,20)` → `[10,15)`

`anyrange - anyrange` → `anyrange`

Вычисляет разность диапазонов. При этом второй диапазон, если он содержится в первом, должен располагаться так, чтобы в результате его вычитания получался один диапазон.

`int8range(5,15) - int8range(10,20)` → `[5,10)`

Операторы слева/справа/примыкает всегда возвращают false, если один из диапазонов пуст; то есть, считается, что пустой диапазон находится не слева и не справа от какого-либо другого диапазона.

В Таблице 9.54 перечислены функции, предназначенные для работы с диапазонными типами.

Таблица 9.54. Диапазонные функции

Функция

Описание

Пример(ы)

`lower ( anyrange )` → `anyelement`

Выдаёт нижнюю границу диапазона (`NULL`, если диапазон пуст или нижняя граница не является конечной).

`lower(numrange(1.1, 2.2))` → `1.1`

`upper ( anyrange )` → `anyelement`

Выдаёт верхнюю границу диапазона (`NULL`, если диапазон пуст или верхняя граница не является конечной).

Функция Описание Пример(ы)
`upper(numrange(1.1, 2.2))` → `2.2`

`isempty ( anyrange ) → boolean`
Диапазон пуст?
`isempty(numrange(1.1,2.2))` → `f`

`lower_inc ( anyrange ) → boolean`
Нижняя граница диапазона включается в него?
`lower_inc(numrange(1.1, 2.2))` → `t`

`upper_inc ( anyrange ) → boolean`
Верхняя граница диапазона включается в него?
`upper_inc(numrange(1.1, 2.2))` → `f`

`lower_inf ( anyrange ) → boolean`
Нижняя граница диапазона бесконечна?
`lower_inf('(,)'::daterange)` → `t`

`upper_inf ( anyrange ) → boolean`
Верхняя граница диапазона бесконечна?
`upper_inf('(,)'::daterange)` → `t`

`range_merge ( anyrange, anyrange ) → anyrange`
Вычисляет наименьший диапазон, включающий оба заданных диапазона.
`range_merge('[1,2)'::int4range, '[3,4)'::int4range)` → `[1,4)`

Если функциям `lower_inc`, `upper_inc`, `lower_inf`, `upper_inf` передаётся пустой диапазон, они возвращают false.

9.21. Агрегатные функции

Агрегатные функции получают единственный результат из набора входных значений. Встроенные агрегатные функции общего назначения перечислены в Таблице 9.55, а статистические агрегатные функции — в Таблице 9.56. Встроенные внутригрупповые сортирующие агрегатные функции перечислены в Таблице 9.57, встроенные внутригрупповые гипотезирующие — в Таблице 9.58. Группирующие операторы, тесно связанные с агрегатными функциями, перечислены в Таблице 9.59. Особенности синтаксиса агрегатных функцией разъясняются в Подразделе 4.2.7. За дополнительной вводной информацией обратитесь к Разделу 2.7.

Агрегатные функции, поддерживающие *частичный режим*, являются кандидатами на участие в различных оптимизациях, например, в параллельном агрегировании.

Таблица 9.55. Агрегатные функции общего назначения

Функция Описание	Частичный режим
`array_agg ( anynonarray ) → anyarray` Собирает все входные значения, включая NULL, в массив.	Нет
`array_agg ( anyarray ) → anyarray` Собирает все входные массивы в массив с размерностью больше на один. (Входные массивы должны иметь одинаковую размерность и не могут быть пустыми или равны NULL).	Нет
`avg ( smallint ) → numeric`	Да

Функция Описание	Частичный режим
avg (integer) → numeric avg (bigint) → numeric avg (numeric) → numeric avg (real) → double precision avg (double precision) → double precision avg (interval) → interval Вычисляет арифметическое среднее для всех входных значений, отличных от NULL.	
bit_and (smallint) → smallint bit_and (integer) → integer bit_and (bigint) → bigint bit_and (bit) → bit Вычисляет побитовое И для всех входных значений, отличных от NULL.	Да
bit_or (smallint) → smallint bit_or (integer) → integer bit_or (bigint) → bigint bit_or (bit) → bit Вычисляет побитовое ИЛИ для всех входных значений, отличных от NULL.	Да
bool_and (boolean) → boolean Возвращает true, если все входные значения, отличные от NULL, равны true, и false в противном случае.	Да
bool_or (boolean) → boolean Возвращает true, если хотя бы одно входное значение, отличное от NULL, равно true, и false в противном случае.	Да
count (*) → bigint Выдаёт количество входных строк.	Да
count ("any") → bigint Выдаёт количество входных строк, в которых входное значение отлично от NULL.	Да
every (boolean) → boolean Это соответствующий стандарту SQL аналог `bool_and` .	Да
json_agg (anyelement) → json jsonb_agg (anyelement) → jsonb Собирает все входные значения, включая NULL, в JSON-массив. Значения преобразуются в JSON методом `to_json` или `to_jsonb` .	Нет
json_object_agg (*key* "any", *value* "any") → json jsonb_object_agg (*key* "any", *value* "any") → jsonb Собирает все пары ключ/значение в JSON-объект. Аргументы-ключи приводятся к текстовому типу, а значения преобразуются методом `to_json` или `to_jsonb` . В качестве значений, но не ключей, могут передаваться null.	Нет
max (*см. описание*) → *тот же тип, что на входе* Вычисляет максимальное из всех значений, отличных от NULL. Имеется для всех числовых и строковых типов, типов-перечислений и даты/времени, а также	Да

Функция Описание	Частичный режим
типов `inet`, `interval`, `money`, `oid`, `pg_lsn` , `tid` и массивов с элементами этих типов.	
`min` (*см. описание*) → *тот же тип, что на входе* Вычисляет минимальное из всех значений, отличных от NULL. Имеется для всех числовых и строковых типов, типов-перечислений и даты/времени, а также типов `inet`, `interval`, `money`, `oid`, `pg_lsn` , `tid` и массивов с элементами этих типов.	Да

`string_agg` (*value* `text`, *delimiter* `text`) → `text`
`string_agg` (*value* `bytea`, *delimiter* `bytea`) → `bytea`
Соединяет все входные значения, отличные от NULL, в строку. Перед каждым значением, кроме первого, добавляется соответствующий разделитель, заданный параметром *delimiter* (если он отличен от NULL).
	Нет

`sum` (`smallint`) → `bigint`
`sum` (`integer`) → `bigint`
`sum` (`bigint`) → `numeric`
`sum` (`numeric`) → `numeric`
`sum` (`real`) → `real`
`sum` (`double precision`) → `double precision`
`sum` (`interval`) → `interval`
`sum` (`money`) → `money`
Вычисляет сумму всех входных значений, отличных от NULL.
	Да

`xmlagg` (`xml`) → `xml` Соединяет вместе входные XML-значения, отличные от NULL (см. также Подраздел 9.15.1.7).	Нет

Следует заметить, что за исключением `count`, все эти функции возвращают NULL, если для них не была выбрана ни одна строка. В частности, функция `sum`, не получив строк, возвращает NULL, а не 0, как можно было бы ожидать, и `array_agg` в этом случае возвращает NULL, а не пустой массив. Если необходимо, подставить в результат 0 или пустой массив вместо NULL можно с помощью функции `coalesce`.

Агрегатные функции `array_agg`, `json_agg`, `jsonb_agg`, `json_object_agg`, `jsonb_object_agg`, `string_agg` и `xmlagg` так же, как и подобные пользовательские агрегатные функции, выдают разные по содержанию результаты в зависимости от порядка входных значений. По умолчанию порядок не определён, но его можно задать, дополнив вызов агрегатной функции предложением `ORDER BY`, как описано в Подразделе 4.2.7. Обычно нужного результата также можно добиться, передав для агрегирования результат подзапроса с сортировкой. Например:

```
SELECT xmlagg(x) FROM (SELECT x FROM test ORDER BY y DESC) AS tab;
```

Но учтите, что этот подход может не работать, если на внешнем уровне запроса выполняется дополнительная обработка, например, соединение, так как при этом результат подзапроса может быть переупорядочен перед вычислением агрегатной функции.

Примечание

Логические агрегатные функции `bool_and` и `bool_or` равнозначны описанным в стандарте SQL агрегатам `every` и `any` или `some`. PostgreSQL поддерживает `every`, но не `any`/`some`, так как синтаксис, описанный в стандарте, допускает неоднозначность:

```
SELECT b1 = ANY((SELECT b2 FROM t2 ...)) FROM t1 ...;
```

Здесь ANY можно рассматривать и как объявление подзапроса, и как агрегатную функцию, если этот подзапрос возвращает одну строку с булевым значением. Таким образом, этим агрегатным функциям нельзя было дать стандартные имена.

Примечание

Пользователи с опытом использования других СУБД SQL могут быть недовольны скоростью агрегатной функции `count`, когда она применяется ко всей таблице. Подобный запрос:

```
SELECT count(*) FROM sometable;
```

потребует затрат в количестве, пропорциональном размеру таблицы: PostgreSQL придётся полностью просканировать либо всю таблицу, либо один из индексов, включающий все её строки.

В Таблице 9.56 перечислены агрегатные функции, обычно применяемые в статистическом анализе. (Они выделены просто для того, чтобы не загромождать список наиболее популярных агрегатных функций.) Функции, показанные как принимающие *числовой_тип*, существуют для типов `smallint`, `integer`, `bigint`, `numeric`, `real`, и `double precision`. В их описании под *N* подразумевается число входных строк, для которых все входные выражения отличны от NULL. Во всех случаях, когда вычисление не имеет смысла, например, когда *N* равно нулю, возвращается null.

Таблица 9.56. Агрегатные функции для статистических вычислений

Функция Описание	Частичный режим
`corr` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет коэффициент корреляции.	Да
`covar_pop` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет ковариацию совокупности.	Да
`covar_samp` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет ковариацию выборки.	Да
`regr_avgx` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет среднее для независимой переменной, `sum(` *X*`)/`*N*.	Да
`regr_avgy` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет среднее для зависимой переменной, `sum(` *Y*`)/`*N*.	Да
`regr_count` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `bigint` Вычисляет число входных строк, в которых оба выражения отличны от NULL.	Да
`regr_intercept` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет пересечение с осью OY линии, полученной методом наименьших квадратов по парам (*X*, *Y*).	Да
`regr_r2` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет квадрат коэффициента корреляции.	Да
`regr_slope` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет наклон линии, полученной методом наименьших квадратов по парам (*X*, *Y*).	Да
`regr_sxx` (*Y* `double precision`, *X* `double precision`) → `double precision` Вычисляет «сумму квадратов» независимой переменной, `sum(` *X*`^2) - sum(` *X*`)^2/`*N*.	Да

Функция **Описание**	**Частичный режим**
regr_sxy (*Y* double precision, *X* double precision) → double precision Вычисляет «сумму произведений» независимой и зависимой переменных, sum(*X***Y*) - sum(*X*) * sum(*Y*)/*N*.	Да
regr_syy (*Y* double precision, *X* double precision) → double precision Вычисляет «сумму квадратов» зависимой переменной, sum(*Y*^2) - sum(*Y*)^2/*N*.	Да
stddev (*числовой_тип*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Сохранившийся синоним stddev_samp .	Да
stddev_pop (*numeric_type*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Вычисляет стандартное отклонение по генеральной совокупности входных значений.	Да
stddev_samp (*числовой_тип*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Вычисляет стандартное отклонение по выборке входных значений.	Да
variance (*numeric_type*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Сохранившийся синоним var_samp .	Да
var_pop (*numeric_type*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Вычисляет дисперсию для генеральной совокупности входных значений (квадрат стандартного отклонения).	Да
var_samp (*числовой_тип*) → double precision для real или double precision, иначе numeric Вычисляет дисперсию по выборке для входных значений (квадрат отклонения по выборке).	Да

В Таблица 9.57 показаны некоторые агрегатные функции, использующие синтаксис *сортирующих агрегатных функций*. Эти функции иногда называются функциями «обратного распределения». Их агрегированные входные данные формируются указанием ORDER BY, а кроме того они могут принимать не агрегируемый *непосредственный аргумент*, который вычисляется только один раз. Все эти функции игнорируют значения NULL в агрегируемых данных. Для тех функций, которые принимают параметр *fraction*, его значение должно быть между 0 и 1; в противном случае выдаётся ошибка. Однако если значение *fraction* — NULL, они выдают NULL в результате.

Таблица 9.57. Сортирующие агрегатные функции

Функция **Описание**	**Частичный режим**
mode () WITHIN GROUP (ORDER BY anyelement) → anyelement Вычисляет *моду* — наиболее часто встречающееся в агрегируемом аргументе значение (если одинаково часто встречаются несколько значений, произвольно выбирается первое из них). Агрегируемый аргумент должен быть сортируемого типа.	Нет

Функция Описание	Частичный режим

`percentile_cont ( fraction double precision ) WITHIN GROUP ( ORDER BY double precision ) → double precision`
`percentile_cont ( fraction double precision ) WITHIN GROUP ( ORDER BY interval ) → interval`
Вычисляет *непрерывный процентиль* — значение, соответствующее дроби, заданной параметром *fraction*, в отсортированном множестве значений агрегатного аргумента. При этом в случае необходимости соседние входные значения будут интерполироваться.
	Нет

`percentile_cont ( fractions double precision[] ) WITHIN GROUP ( ORDER BY double precision ) → double precision[]`
`percentile_cont ( fractions double precision[] ) WITHIN GROUP ( ORDER BY interval ) → interval[]`
Вычисляет множественные непрерывные процентили. Возвращает массив той же размерности, что имеет параметр *fractions*, в котором каждый отличный от NULL элемент заменяется соответствующим данному перцентилю значением (возможно интерполированным).
	Нет

`percentile_disc ( fraction double precision ) WITHIN GROUP ( ORDER BY anyelement ) → anyelement` Вычисляет *дискретный процентиль* — первое значение в отсортированном множестве значений агрегатного аргумента, позиция которого в этом множестве равна или больше значения *fraction*. Агрегируемый аргумент должен быть сортируемого типа.	Нет
`percentile_disc ( fractions double precision[] ) WITHIN GROUP ( ORDER BY anyelement ) → anyarray` Вычисляет множественные дискретные процентили. Возвращает массив той же размерности, что имеет параметр *fractions*, в котором каждый отличный от NULL элемент заменяется соответствующим данному перцентилю значением. Агрегируемый аргумент должен быть сортируемого типа.	Нет

Все «гипотезирующие» агрегатные функции, перечисленные в Таблице 9.58, связаны с одноимёнными оконными функциями, определёнными в Разделе 9.22. В каждом случае их результат — значение, которое бы вернула связанная оконная функция для «гипотетической» строки, полученной из *аргументов*, если бы такая строка была добавлена в сортированную группу строк, которую образуют *сортирующие_аргументы*. Для всех этих функций список непосредственных аргументов, переданный в качестве *аргументов*, по числу и типу элементов должен соответствовать списку, передаваемому в качестве *сортирующих_аргументов*. В отличие от большинства встроенных агрегатов, данные агрегаты не являются строгими, то есть они не игнорируют строки, содержащие NULL. Значения NULL сортируются по правилу, заданному в предложении `ORDER BY`.

Таблица 9.58. Гипотезирующие агрегатные функции

Функция Описание	Частичный режим
`rank ( аргументы ) WITHIN GROUP ( ORDER BY сортирующие_аргументы ) → bigint` Вычисляет ранг гипотетической строки с пропусками, то есть номер первой родственной ей строки.	Нет
`dense_rank ( args ) WITHIN GROUP ( ORDER BY сортируемые_аргументы ) → bigint`	Нет

Функция **Описание**	**Частичный режим**
Вычисляет ранг гипотетической строки без пропусков; по сути эта функция считает группы родственных строк.	
`percent_rank` (*аргументы*) `WITHIN GROUP` (`ORDER BY` *сортируемые_аргументы*) → `double precision` Вычисляет относительный ранг гипотетической строки, то есть (`rank` - 1) / (общее число строк - 1). Таким образом, результат лежит в интервале от 0 до 1, включая границы.	Нет
`cume_dist` (*аргументы*) `WITHIN GROUP` (`ORDER BY` *сортируемые_аргументы*) → `double precision` Вычисляет кумулятивное распределение, то есть (число строк, предшествующих или родственных гипотетической строке) / (общее число строк). Результат лежит в интервале от 1/*N* до 1.	Нет

Таблица 9.59. Операции группировки

Функция **Описание**
`GROUPING` (*выражения_group_by*) → `integer` Выдаёт битовую маску, показывающую, какие выражения `GROUP BY` не вошли в текущий набор группирования. Биты назначаются справа налево, то есть самому правому аргументу соответствует самый младший бит; бит равен 0, если соответствующее выражение вошло в критерий группировки набора группирования, для которого сформирована текущая строка результата, или 1 в противном случае.

Операции группировки, показанные в Таблице 9.59, применяются в сочетании с наборами группирования (см. Подраздел 7.2.4) для различения результирующих строк. Аргументы функции `GROUPING` на самом деле не вычисляются, но они должны в точности соответствовать выражениям, заданным в предложении `GROUP BY` на их уровне запроса. Например:

```
=> SELECT * FROM items_sold;
 make  | model | sales
-------+-------+-------
 Foo   | GT    |  10
 Foo   | Tour  |  20
 Bar   | City  |  15
 Bar   | Sport |  5
(4 rows)

=> SELECT make, model, GROUPING(make,model), sum(sales) FROM items_sold GROUP BY
 ROLLUP(make,model);
 make  | model | grouping | sum
-------+-------+----------+-----
 Foo   | GT    |        0 | 10
 Foo   | Tour  |        0 | 20
 Bar   | City  |        0 | 15
 Bar   | Sport |        0 | 5
 Foo   |       |        1 | 30
 Bar   |       |        1 | 20
       |       |        3 | 50
(7 rows)
```

Здесь значение `grouping`, равное `0` в первых четырёх строках, показывает, что эти строки были сгруппированы обычным образом по обоим группирующим столбцам. Значение `1` в двух предпоследних строках показывает, что столбец `model` не был группирующим, а значение `3` в последней строке показывает, что при группировании не учитывались ни make, ни model, то есть агрегирование выполнялось по всем входным строкам.

9.22. Оконные функции

Оконные функции дают возможность выполнять вычисления с набором строк, каким-либо образом связанным с текущей строкой запроса. Вводную информацию об этом можно получить в Разделе 3.5, а подробнее узнать о синтаксисе можно в Подразделе 4.2.8.

Встроенные оконные функции перечислены в Таблице 9.60. Заметьте, что эти функции *должны* вызываться именно как оконные, т. е. при вызове необходимо использовать предложение OVER.

В дополнение к этим функциям в качестве оконных можно использовать любые встроенные или обычные пользовательские агрегатные функции (но не сортирующие и не гипотезирующие); список встроенных агрегатных функций приведён в Разделе 9.21. Агрегатные функции работают как оконные, только когда за их вызовом следует предложение OVER; в противном случае они работают как обычные функции и выдают для всего набора единственную строку.

Таблица 9.60. Оконные функции общего назначения

Функция Описание
row_number () → bigint Возвращает номер текущей строки в её разделе, начиная с 1.
rank () → bigint Возвращает ранг текущей строки с пропусками; то же, что и row_number для первой родственной ей строки.
dense_rank () → bigint Возвращает ранг текущей строки без пропусков; по сути эта функция считает группы родственных строк.
percent_rank () → double precision Вычисляет относительный ранг текущей строки, то есть (rank - 1) / (общее число строк раздела - 1). Таким образом, результат лежит в интервале от 0 до 1, включительно.
cume_dist () → double precision Возвращает кумулятивное распределение, то есть (число строк раздела, предшествующих или родственных текущей строке) / (общее число строк раздела). Таким образом, результат лежит в интервале от 1/*N* до 1.
ntile (*num_buckets* integer) → integer Возвращает целое от 1 до значения аргумента для разбиения раздела на части максимально близких размеров.
lag (*value* anyelement [, *offset* integer [, *default* anyelement]]) → anyelement Возвращает значение *value*, вычисленное для строки, сдвинутой на *offset* строк от текущей к началу раздела; если такой строки нет, возвращается значение *default* (оно должно быть того же типа, что и *value*). Оба аргумента, *offset* и *default*, вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, *offset* считается равным 1, а *default* — NULL.
lead (*value* anyelement [, *offset* integer [, *default* anyelement]]) → anyelement Возвращает значение *value*, вычисленное для строки, сдвинутой на *offset* строк от текущей к концу раздела; если такой строки нет, возвращается значение *default* (оно должно быть того же типа, что и *value*). Оба аргумента, *offset* и *default*, вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, *offset* считается равным 1, а *default* — NULL.
first_value (*value* anyelement) → anyelement

Функция Описание
Возвращает значение (*value*), вычисленное для первой строки в рамке окна.
last_value (*value* anyelement) → anyelement Возвращает значение (*value*), вычисленное для последней строки в рамке окна.
nth_value (*value* anyelement, *n* integer) → anyelement Возвращает значение (*value*), вычисленное в *n*-ой строке в рамке окна (считая с 1), или NULL, если такой строки нет.

Результат всех функций, перечисленных в Таблице 9.60, зависит от порядка сортировки, заданного предложением ORDER BY в определении соответствующего окна. Строки, которые являются одинаковыми при рассмотрении только столбцов ORDER BY, считаются *родственными*. Четыре функции, вычисляющие ранг (включая cume_dist), реализованы так, что их результат будет одинаковым для всех родственных строк.

Заметьте, что функции first_value, last_value и nth_value рассматривают только строки в «рамке окна», которая по умолчанию содержит строки от начала раздела до последней родственной строки для текущей. Поэтому результаты last_value и иногда nth_value могут быть не очень полезны. В таких случаях можно переопределить рамку, добавив в предложение OVER подходящее указание рамки (RANGE, ROWS или GROUPS). Подробнее эти указания описаны в Подразделе 4.2.8.

Когда в качестве оконной функции используется агрегатная, она обрабатывает строки в рамке текущей строки. Агрегатная функция с ORDER BY и определением рамки окна по умолчанию будет вычисляться как «бегущая сумма», что может не соответствовать желаемому результату. Чтобы агрегатная функция работала со всем разделом, следует опустить ORDER BY или использовать ROWS BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND UNBOUNDED FOLLOWING. Используя другие указания в определении рамки, можно получить и другие эффекты.

Примечание

В стандарте SQL определены параметры RESPECT NULLS или IGNORE NULLS для функций lead, lag, first_value, last_value и nth_value. В PostgreSQL такие параметры не реализованы: эти функции ведут себя так, как положено в стандарте по умолчанию (или с подразумеваемым параметром RESPECT NULLS). Также функция nth_value не поддерживает предусмотренные стандартом параметры FROM FIRST и FROM LAST: реализовано только поведение по умолчанию (с подразумеваемым параметром FROM FIRST). (Получить эффект параметра FROM LAST можно, изменив порядок ORDER BY на обратный.)

9.23. Выражения подзапросов

В этом разделе описаны выражения подзапросов, которые реализованы в PostgreSQL в соответствии со стандартом SQL. Все рассмотренные здесь формы выражений возвращает булевы значения (true/false).

9.23.1. EXISTS

```
EXISTS (подзапрос)
```

Аргументом EXISTS является обычный оператор SELECT, т. е. *подзапрос*. Выполнив запрос, система проверяет, возвращает ли он строки в результате. Если он возвращает минимум одну строку, результатом EXISTS будет «true», а если не возвращает ни одной — «false».

Подзапрос может обращаться к переменным внешнего запроса, которые в рамках одного вычисления подзапроса считаются константами.

Вообще говоря, подзапрос может выполняться не полностью, а завершаться, как только будет возвращена хотя бы одна строка. Поэтому в подзапросах следует избегать побочных эффектов (например, обращений к генераторам последовательностей); проявление побочного эффекта может быть непредсказуемым.

Так как результат этого выражения зависит только от того, возвращаются строки или нет, но не от их содержимого, список выходных значений подзапроса обычно не имеет значения. Как следствие, широко распространена практика, когда проверки `EXISTS` записываются в форме `EXISTS(SELECT 1 WHERE ...)`. Однако из этого правила есть и исключения, например с подзапросами с предложением `INTERSECT`.

Этот простой пример похож на внутреннее соединение по столбцу `col2`, но он выдаёт максимум одну строку для каждой строки в `tab1`, даже если в `tab2` ей соответствуют несколько строк:

```
SELECT col1
FROM tab1
WHERE EXISTS (SELECT 1 FROM tab2 WHERE col2 = tab1.col2);
```

9.23.2. IN

выражение `IN` (*подзапрос*)

В правой стороне этого выражения в скобках задаётся подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `IN` будет «true», если строка с таким значением находится, и «false» в противном случае (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк).

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `IN` возвращает NULL, а не false. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

конструктор_строки `IN` (*подзапрос*)

В левой части этой формы `IN` записывается конструктор строки (подробнее они рассматриваются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен вернуть ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `IN` будет «true», если строка с такими значениями находится, и «false» в противном случае (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк).

Как обычно, значения NULL в строках обрабатываются при этом по принятым в SQL правилам сравнения. Две строки считаются равными, если все их соответствующие элементы не равны NULL, но равны между собой; неравными они считаются, когда в них находятся элементы, не равные NULL, и не равные друг другу; в противном случае результат сравнения строк не определён (равен NULL). Если в результатах сравнения строк нет ни одного положительного, но есть хотя бы один NULL, результатом `IN` будет NULL.

9.23.3. NOT IN

выражение `NOT IN` (*подзапрос*)

Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `NOT IN` будет «true», если находятся только несовпадающие строки (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк). Если же находится хотя бы одна подходящая строка, результатом будет «false».

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `NOT IN` возвращает NULL, а не true. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

```
конструктор_строки NOT IN (подзапрос)
```

В левой части этой формы `NOT IN` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен вернуть ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `NOT IN` будет «true», если равных строк не найдётся (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк), и «false», если такие строки есть.

Как обычно, значения NULL в строках обрабатываются при этом по принятым в SQL правилам сравнения. Две строки считаются равными, если все их соответствующие элементы не равны NULL, но равны между собой; неравными они считаются, когда в них находятся элементы, не равные NULL, и не равные друг другу; в противном случае результат сравнения строк не определён (равен NULL). Если в результатах сравнения строк нет ни одного положительного, но есть хотя бы один NULL, результатом `NOT IN` будет NULL.

9.23.4. `ANY`/`SOME`

```
выражение оператор ANY (подзапрос)
выражение оператор SOME (подзапрос)
```

В правой части конструкции в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением в каждой строке результата подзапроса с помощью заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ANY` будет «true», если хотя бы для одной строки условие истинно, и «false» в противном случае (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк).

Ключевое слово `SOME` является синонимом `ANY`. Конструкцию `IN` можно также записать как `= ANY`.

Заметьте, что если условие не выполняется ни для одной из строк, а хотя бы для одной строки условный оператор выдаёт NULL, конструкция `ANY` возвращает NULL, а не false. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

```
конструктор_строки оператор ANY (подзапрос)
конструктор_строки оператор SOME (подзапрос)
```

В левой части этой формы `ANY` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом, с применением заданного *оператора*. Результатом всего выражения `ANY` будет «true», если для какой-либо из строк подзапроса результатом сравнения будет true, или «false», если для всех строк результатом сравнения оказывается false (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк). Результатом выражения будет NULL, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен true, а минимум для одной равен NULL.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.24.5.

9.23.5. `ALL`

```
выражение оператор ALL (подзапрос)
```

В правой части конструкции в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением в каждой строке результата подзапроса с помощью заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ALL` будет «true», если условие истинно для всех строк (и когда подзапрос не возвращает строк), или «false», если находятся строки, для которых оно ложно. Результатом выражения будет NULL, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен true, а минимум для одной равен NULL.

Конструкция `NOT IN` равнозначна `<> ALL`.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

```
конструктор_строки оператор ALL (подзапрос)
```

В левой части этой формы `ALL` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом, с применением заданного *оператора*. Результатом всего выражения `ALL` будет «true», если для всех строк подзапроса результатом сравнения будет true (или если подзапрос не возвращает строк), либо «false», если результат сравнения равен false для любой из строк подзапроса. Результатом выражения будет NULL, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен true, а минимум для одной равен NULL.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.24.5.

9.23.6. Сравнение единичных строк

```
конструктор_строки оператор (подзапрос)
```

В левой части конструкции записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Более того, подзапрос может вернуть максимум одну строку. (Если он не вернёт строк, результатом будет NULL.) Конструкция возвращает результат сравнения строки слева с этой одной строкой результата подзапроса.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.24.5.

9.24. Сравнение табличных строк и массивов

В этом разделе описываются несколько специальных конструкций, позволяющих сравнивать группы значений. Синтаксис этих конструкций связан с формами выражений с подзапросами, описанными в предыдущем разделе, а отличаются они отсутствием подзапросов. Конструкции, в которых в качестве подвыражений используются массивы, являются расширениями PostgreSQL; все остальные формы соответствуют стандарту SQL. Все описанные здесь выражения возвращают логические значения (true/false).

9.24.1. `IN`

```
выражение IN (значение [, ...])
```

Справа в скобках записывается список выражений. Результатом будет «true», если значение левого выражения равняется одному из значений выражений в правой части. Эту конструкцию можно считать краткой записью условия

```
выражение = значение1
OR
выражение = значение2
OR
...
```

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `IN` возвращает NULL, а не false. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

9.24.2. `NOT IN`

```
выражение NOT IN (значение [, ...])
```

Справа в скобках записывается список выражений. Результатом будет «true», если значение левого выражения не равно ни одному из значений выражений в правой части. Эту конструкцию можно считать краткой записью условия

```
выражение <> значение1
AND
выражение <> значение2
AND
...
```

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `NOT IN` возвращает NULL, а не true, как можно было бы наивно полагать. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

> **Подсказка**
>
> Выражения `x NOT IN y` и `NOT (x IN y)` полностью равнозначны. Учитывая, что значения NULL могут ввести в заблуждение начинающих скорее в конструкции `NOT IN`, чем в `IN`, лучше формулировать условия так, чтобы в них было как можно меньше отрицаний.

9.24.3. `ANY`/`SOME` (с массивом)

```
выражение оператор ANY (выражение массива)
выражение оператор SOME (выражение массива)
```

Справа в скобках записывается выражение, результатом которого является массив. Вычисленное значение левого выражения сравнивается с каждым элементом этого массива с применением заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ANY` будет «true», если для какого-либо элемента условие истинно, и «false» в противном случае (в том числе, и когда массив оказывается пустым).

Если значением массива оказывается NULL, результатом `ANY` также будет NULL. Если NULL получен в левой части, результатом `ANY` обычно тоже будет NULL (хотя оператор нестрогого сравнения может выдать другой результат). Кроме того, если массив в правой части содержит элементы NULL и ни с одним из элементов условие не выполняется, результатом `ANY` будет NULL, а не false (опять же, если используется оператор строгого сравнения). Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Ключевое слово `SOME` является синонимом `ANY`.

9.24.4. `ALL` (с массивом)

```
выражение оператор ALL (выражение массива)
```

Справа в скобках записывается выражение, результатом которого является массив. Вычисленное значение левого выражения сравнивается с каждым элементом этого массива с применением заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ALL` будет «true», если для всех элементов условие истинно (или массив не содержит элементов), и «false», если находятся строки, для которых оно ложно.

Если значением массива оказывается NULL, результатом `ALL` также будет NULL. Если NULL получен в левой части, результатом `ALL` обычно тоже будет NULL (хотя оператор нестрогого сравнения может выдать другой результат). Кроме того, если массив в правой части содержит элементы NULL и при этом нет элементов, с которыми условие не выполняется, результатом `ALL` будет NULL, а не true (опять же, если используется оператор строгого сравнения). Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

9.24.5. Сравнение конструкторов строк

```
конструктор_строки оператор конструктор_строки
```

С обеих сторон представлены конструкторы строк (они описываются в Подразделе 4.2.13). При этом данные конструкторы должны содержать одинаковое число полей. Заданный *оператор* применяется к каждой паре соответствующих полей. (Поскольку поля могут быть разных типов, для каждой пары может быть выбран отдельный конкретный оператор.) Все выбранные операторы должны быть членами некоторого класса операторов B-дерева или быть обратными члену класса операторов B-дерева =. Сравнения конструкторов строк возможны с *оператором* =, <>, <, <=, > или >=, или имеющим аналогичную семантику.

Сравнения = и <> несколько отличаются от других. С этими операторами две строки считаются равными, если все их соответствующие поля не равны NULL и равны между собой, и неравными, если какие-либо соответствующие их поля не NULL и не равны между собой. В противном случае результатом сравнения будет неопределённость (NULL).

С операторами <, <=, > и >= элементы строк сравниваются слева направо до тех пор, пока не будет найдена пара неравных элементов или значений NULL. Если любым из элементов пары оказывается NULL, результатом сравнения будет неопределённость (NULL), в противном случае результат всего выражения определяется результатом сравнения этих двух элементов. Например, результатом `ROW(1,2,NULL) < ROW(1,3,0)` будет true, а не NULL, так как третья пара элементов не принимается в рассмотрение.

> **Примечание**
>
> До версии 8.2 PostgreSQL обрабатывал условия <, <=, > и >= не так, как это описано в стандарте SQL. Сравнение `ROW(a,b) < ROW(c,d)` выполнялось как `a < c AND b < d`, тогда как по стандарту должно быть `a < c OR (a = c AND b < d)`.

конструктор_строки `IS DISTINCT FROM` *конструктор_строки*

Эта конструкция похожа на сравнение строк с оператором <>, но со значениями NULL она выдаёт не NULL. Любое значение NULL для неё считается неравным (отличным от) любому значению не NULL, а два NULL считаются равными (не различными). Таким образом, результатом такого выражения будет true или false, но не NULL.

конструктор_строки `IS NOT DISTINCT FROM` *конструктор_строки*

Эта конструкция похожа на сравнение строк с оператором =, но со значениями NULL она выдаёт не NULL. Любое значение NULL для неё считается неравным (отличным от) любому значению не NULL, а два NULL считаются равными (не различными). Таким образом, результатом такого выражения всегда будет true или false, но не NULL.

9.24.6. Сравнение составных типов

запись оператор запись

Стандарт SQL требует, чтобы при сравнении строк возвращался NULL, если результат зависит от сравнения двух значений NULL или значения NULL и не NULL. PostgreSQL выполняет это требование только при сравнении строк, созданных конструкторами (как описано в Подразделе 9.24.5), или строки, созданной конструктором, со строкой результата подзапроса (как было описано в Разделе 9.23). В других контекстах при сравнении полей составных типов два значения NULL считаются равными, а любое значение не NULL полагается меньшим NULL. Это отклонение от правила необходимо для полноценной реализации сортировки и индексирования составных типов.

После вычисления каждой стороны они сравниваются по строкам. Сравнения составных типов возможны с *оператором* =, <>, <, <=, > или >=, либо другим подобным. (Точнее, оператором сравнения строк может быть любой оператор, входящий в класс операторов B-дерева, либо обратный к оператору =, входящему в класс операторов B-дерева.) По умолчанию вышеперечисленные операторы действуют так же, как выражение `IS [ NOT ] DISTINCT FROM` для конструкторов строк (см. Подраздел 9.24.5).

Для поддержки сравнения строк с элементами, для которых не определён класс операторов B-дерева по умолчанию, введены следующие операторы: *=, *<>, *<, *<=, *> и *>=. Эти операторы сравнивают внутреннее двоичное представление двух строк. Учтите, что две строки могут иметь различное двоичное представление, даже когда при сравнении оператором равенства считаются равными. Порядок строк с такими операторами детерминирован, но не несёт смысловой нагрузки. Данные операторы не предназначены для обычных запросов; они применяются внутри системы для материализованных представлений и могут быть полезны для других специальных целей, например для репликации или исключения дубликатов в B-дереве (см. Подраздел 63.4.2).

9.25. Функции, возвращающие множества

В этом разделе описаны функции, которые могут возвращать не одну, а множество строк. Чаще всего из их числа используются функции, генерирующие ряды значений, которые перечислены в Таблице 9.61 и Таблице 9.62. Другие, более специализированные функции множеств описаны в других разделах этой документации. Варианты комбинирования нескольких функций, возвращающих множества строк, описаны в Подразделе 7.2.1.4.

Таблица 9.61. Функции, генерирующие ряды значений

Функция Описание

`generate_series` (*start* `integer`, *stop* `integer` [, *step* `integer`]) → `setof integer`
`generate_series` (*start* `bigint`, *stop* `bigint` [, *step* `bigint`]) → `setof bigint`
`generate_series` (*start* `numeric`, *stop* `numeric` [, *step* `numeric`]) → `setof numeric`
Выдаёт ряд значений от *start* до *stop* с заданным шагом (*step*), по умолчанию равным 1.

`generate_series` (*start* `timestamp`, *stop* `timestamp`, *step* `interval`) → `setof timestamp`
`generate_series` (*start* `timestamp with time zone`, *stop* `timestamp with time zone`, *step* `interval`) → `setof timestamp with time zone`
Выдаёт ряд значений от *start* до *stop* с заданным шагом (*step*).

Если заданный шаг (*step*) положительный, а *start* оказывается больше *stop*, эти функции возвращают 0 строк. Тот же результат будет, если *step* меньше 0, а *start* меньше *stop*, или если в каком-либо аргументе передаётся `NULL`. Если же *step* будет равен 0, произойдёт ошибка. Несколько примеров:

```
SELECT * FROM generate_series(2,4);
 generate_series
-----------------
               2
               3
               4
(3 rows)

SELECT * FROM generate_series(5,1,-2);
 generate_series
-----------------
               5
               3
               1
(3 rows)

SELECT * FROM generate_series(4,3);
 generate_series
-----------------
(0 rows)

SELECT generate_series(1.1, 4, 1.3);
 generate_series
-----------------
```

```
             1.1
             2.4
             3.7
(3 rows)

-- в этом примере задействуется оператор прибавления к дате целого числа:
SELECT current_date + s.a AS dates FROM generate_series(0,14,7) AS s(a);
   dates
------------
 2004-02-05
 2004-02-12
 2004-02-19
(3 rows)

SELECT * FROM generate_series('2008-03-01 00:00'::timestamp,
                              '2008-03-04 12:00', '10 hours');
   generate_series
---------------------
 2008-03-01 00:00:00
 2008-03-01 10:00:00
 2008-03-01 20:00:00
 2008-03-02 06:00:00
 2008-03-02 16:00:00
 2008-03-03 02:00:00
 2008-03-03 12:00:00
 2008-03-03 22:00:00
 2008-03-04 08:00:00
(9 rows)
```

Таблица 9.62. Функции, генерирующие индексы массивов

Функция **Описание**
`generate_subscripts` (*`array`* `anyarray`, *`dim`* `integer`) → `setof integer` Выдаёт ряд значений, содержащий все допустимые индексы в размерности *`dim`* данного массива.
`generate_subscripts` (*`array`* `anyarray`, *`dim`* `integer`, *`reverse`* `boolean`) → `setof integer` Выдаёт ряд значений, содержащий все допустимые индексы в размерности *`dim`* данного массива. Если параметр *`reverse`* равен true, значения выдаются от большего к меньшему.

Функция `generate_subscripts` упрощает задачу получения всех допустимых индексов для указанной размерности данного массива. Она выдаёт 0 строк, если в массиве нет указанной размерности или любой из аргументов — `NULL`. Взгляните на следующие примеры:

```
-- простой пример использования:
SELECT generate_subscripts('{NULL,1,NULL,2}'::int[], 1) AS s;
 s
---
 1
 2
 3
 4
(4 rows)

-- для показанного массива получение индекса и обращение
-- к элементу по индексу выполняется с помощью подзапроса:
SELECT * FROM arrays;
```

```
         a
--------------------
 {-1,-2}
 {100,200,300}
(2 rows)

SELECT a AS array, s AS subscript, a[s] AS value
FROM (SELECT generate_subscripts(a, 1) AS s, a FROM arrays) foo;
     array     | subscript | value
---------------+-----------+-------
 {-1,-2}       |         1 |    -1
 {-1,-2}       |         2 |    -2
 {100,200,300} |         1 |   100
 {100,200,300} |         2 |   200
 {100,200,300} |         3 |   300
(5 rows)

-- разворачивание двумерного массива:
CREATE OR REPLACE FUNCTION unnest2(anyarray)
RETURNS SETOF anyelement AS $$
select $1[i][j]
   from generate_subscripts($1,1) g1(i),
        generate_subscripts($1,2) g2(j);
$$ LANGUAGE sql IMMUTABLE;
CREATE FUNCTION
SELECT * FROM unnest2(ARRAY[[1,2],[3,4]]);
 unnest2
---------
       1
       2
       3
       4
(4 rows)
```

Когда для функции в предложении `FROM` указывается `WITH ORDINALITY`, к столбцам результата функции добавляется столбец типа `bigint`, числа в котором начинаются с 1 и увеличиваются на 1 для каждой строки, выданной функцией. В первую очередь это полезно для функций, возвращающих множества, например, `unnest()`.

```
-- функция, возвращающая множество, с нумерацией
SELECT * FROM pg_ls_dir('.') WITH ORDINALITY AS t(ls,n);
       ls        | n
-----------------+----
 pg_serial       |  1
 pg_twophase     |  2
 postmaster.opts |  3
 pg_notify       |  4
 postgresql.conf |  5
 pg_tblspc       |  6
 logfile         |  7
 base            |  8
 postmaster.pid  |  9
 pg_ident.conf   | 10
 global          | 11
 pg_xact         | 12
 pg_snapshots    | 13
 pg_multixact    | 14
 PG_VERSION      | 15
```

```
 pg_wal          | 16
 pg_hba.conf     | 17
 pg_stat_tmp     | 18
 pg_subtrans     | 19
(19 rows)
```

9.26. Системные информационные функции и операторы

В Таблице 9.63 перечислен ряд функций, предназначенных для получения информации о текущем сеансе и системе.

В дополнение к перечисленным здесь функциям существуют также функции, связанные с подсистемой статистики, которые тоже предоставляют системную информацию. Подробнее они рассматриваются в Подразделе 27.2.2.

Таблица 9.63. Функции получения информации о сеансе

Функция Описание

`current_catalog` → `name`
`current_database` () → `name`
Выдаёт имя текущей базы данных. (В стандарте SQL базы данных называются «каталогами», поэтому стандарту соответствует написание `current_catalog`.)

`current_query` () → `text` Выдаёт текст запроса, выполняемого в данный момент, в том виде, в каком его передал клиент (может состоять из нескольких операторов).
`current_role` → `name` Аналог `current_user`.

`current_schema` → `name`
`current_schema` () → `name`
Выдаёт имя первой схемы в пути поиска (или значение NULL, если путь поиска пустой). В эту схему будут добавляться таблицы и другие объекты, при создании которых схема не указывается явно.

`current_schemas` (*`include_implicit`* `boolean`) → `name[]` Выдаёт массив имён всех схем, в настоящее время представленных в действующем пути поиска, по порядку их приоритета. (Элементы текущего значения search_path, которым не соответствуют существующие схемы, опускаются). Если логический аргумент равен `true`, в результат включаются системные схемы, неявно просматриваемые при поиске, как например, `pg_catalog`.
`current_user` → `name` Выдаёт имя пользователя в текущем контексте выполнения.
`inet_client_addr` () → `inet` Выдаёт IP-адрес текущего клиента либо `NULL`, если текущее соединение установлено через Unix-сокет.
`inet_client_port` () → `integer` Выдаёт номер TCP-порта текущего клиента либо `NULL`, если текущее подключение установлено через Unix-сокет.
`inet_server_addr` () → `inet` Выдаёт IP-адрес, через который сервер принял текущее подключение, либо NULL, если текущее подключение установлено через Unix-сокет.
`inet_server_port` () → `integer`

Функция Описание
Выдаёт номер TCP-порта, через который сервер принял текущее подключение, либо `NULL`, если текущее подключение установлено через Unix-сокет.
`pg_backend_pid` () → `integer` Выдаёт идентификатор серверного процесса, обслуживающего текущий сеанс.
`pg_blocking_pids` (`integer`) → `integer[]` Выдаёт массив с идентификаторами процессов сеансов, которые блокируют серверный процесс с указанным идентификатором, либо пустой массив, если указанный серверный процесс не найден или не заблокирован. Один серверный процесс блокирует другой, если он либо удерживает блокировку, конфликтующую с блокировкой, запрашиваемой вторым (жёсткая блокировка), либо ожидает блокировку, которая вызвала бы конфликт с запросом блокировки заблокированного процесса и находится перед ней в очереди ожидания (мягкая блокировка). При распараллеливании запросов эта функция всегда выдаёт видимые клиентом идентификаторы процессов (то есть, результаты `pg_backend_pid`), даже если фактическая блокировка удерживается или ожидается дочерним рабочим процессом. Вследствие этого в результатах могут оказаться дублирующиеся PID. Также заметьте, что когда конфликтующую блокировку удерживает подготовленная транзакция, в выводе этой функции она будет представлена нулевым ID процесса. Частые вызовы этой функции могут отразиться на производительности базы данных, так как ей нужен монопольный доступ к общему состоянию менеджера блокировок, пусть и на короткое время.
`pg_conf_load_time` () → `timestamp with time zone` Выдаёт время, когда в последний раз сервер загружал файлы конфигурации. (Если текущий сеанс начался раньше, она возвращает время, когда эти файлы были перезагружены для данного сеанса, так что в разных сеансах это значение может немного различаться. В противном случае это будет время, когда файлы конфигурации считал главный процесс.)
`pg_current_logfile` ([`text`]) → `text` Выдаёт путь к файлу журнала, в настоящее время используемому сборщиком сообщений. Этот путь состоит из пути каталога log_directory и имени конкретного файла. Если сборщик сообщений отключён, выдаётся значение `NULL`. Если ведутся несколько журналов в разных форматах, при вызове функции `pg_current_logfile` без аргументов возвращается путь первого существующего файла следующего формата (в порядке приоритета): stderr, csvlog. Если файл журнала в этих форматах отсутствует, выдаётся `NULL`. Чтобы запросить информацию о файле в определённом формате, передайте либо csvlog, либо stderr в качестве значения необязательного параметра типа `text`. Если запрошенный формат не включён в log_destination, результатом будет `NULL`. Результат функции отражает содержимое файла `current_logfiles` .
`pg_my_temp_schema` () → `oid` Выдаёт OID временной схемы текущего сеанса или 0, если такой схемы нет (в рамках сеанса не создавались временные таблицы).
`pg_is_other_temp_schema` (`oid`) → `boolean` Выдаёт true, если заданный OID относится к временной схеме другого сеанса. (Это может быть полезно, например для исключения временных таблиц других сеансов из общего списка при просмотре таблиц базы данных.)
`pg_jit_available` () → `boolean` Выдаёт true, если в данном сеансе доступна JIT-компиляция (см. Главу 31) и параметр конфигурации jit включён.
`pg_listening_channels` () → `setof text`

Функция Описание
Выдаёт список имён каналов асинхронных уведомлений, по которым текущий сеанс принимает сигналы.
`pg_notification_queue_usage` () → `double precision` Выдаёт долю (0–1) максимального размера очереди асинхронных уведомлений, в настоящее время занятую уведомлениями, ожидающими обработки. За дополнительными сведениями обратитесь к LISTEN и NOTIFY.
`pg_postmaster_start_time` () → `timestamp with time zone` Выдаёт время, когда был запущен сервер.
`pg_safe_snapshot_blocking_pids` (`integer`) → `integer[]` Выдаёт массив с идентификаторами процессов сеансов, которые блокируют серверный процесс с указанным идентификатором, не давая ему получить безопасный снимок, либо выдаёт пустой массив, если такой серверный процесс не найден или он не заблокирован. Сеанс, выполняющий транзакцию уровня `SERIALIZABLE`, блокирует транзакцию `SERIALIZABLE READ ONLY DEFERRABLE`, не давая ей получить снимок, пока она не определит, что можно безопасно избежать установления предикатных блокировок. За дополнительными сведениями о сериализуемых и откладываемых транзакциях обратитесь к Подразделу 13.2.3. Частые вызовы этой функции могут отразиться на производительности сервера, так как ей нужен доступ к общему состоянию менеджера предикатных блокировок, пусть и на короткое время.
`pg_trigger_depth` () → `integer` Выдаёт текущий уровень вложенности в триггерах PostgreSQL (0, если эта функция вызывается не из тела триггера, непосредственно или косвенно).
`session_user` → `name` Выдаёт имя пользователя сеанса.
`user` → `name` Аналог `current_user` .
`version` () → `text` Выдаёт текстовую строку, описывающую версию сервера PostgreSQL. Эту информацию также можно получить из переменной server_version или, в более машинно-ориентированном формате, из переменной server_version_num. При разработке программ следует использовать функцию `server_version_num` (появившуюся в версии 8.2) или `PQserverVersion`, а не разбирать текстовую версию.

Примечание

Функции `current_catalog`, `current_role`, `current_schema`, `current_user`, `session_user` и `user` имеют особый синтаксический статус в SQL: они должны вызываться без скобок после имени. PostgreSQL позволяет добавить скобки в вызове `current_schema`, но не других функций.

Функция `session_user` обычно возвращает имя пользователя, установившего текущее соединение с базой данных, но суперпользователи могут изменить это имя, выполнив команду SET SESSION AUTHORIZATION. Функция `current_user` возвращает идентификатор пользователя, по которому будут проверяться его права. Обычно это тот же пользователь, что и пользователь сеанса, но его можно сменить с помощью SET ROLE. Этот идентификатор также меняется при выполнении функций с атрибутом `SECURITY DEFINER`. На языке Unix пользователь сеанса называется «реальным», а текущий — «эффективным». Имена `current_role` и `user` являются синонимами `current_user`. (В стандарте SQL `current_role` и `current_user` имеют разное значение, но в PostgreSQL они не различаются, так как пользователи и роли объединены в единую сущность.)

В Таблице 9.64 показаны функции, позволяющие программно проверить права доступа к объектам. (Подробнее о правах рассказывается в Разделе 5.7.) Этим функциям в качестве идентификатора пользователя, для которого запрашиваются права, можно передать его имя или OID (`pg_authid.oid`), а также можно передать `public` (это будет указывать на псевдороль PUBLIC). Кроме того, аргумент *user* можно полностью опустить, тогда будет подразумеваться `current_user`. Объект, права для доступа к которому запрашиваются, также можно задать по имени или по OID. Когда указывается имя объекта, его можно дополнить именем схемы, если это уместно. Запрашиваемое право записывается текстовой строкой, которая должна задавать одно из прав доступа, соответствующих типу объекта (например, `SELECT`). Дополнительно к названию права можно добавить `WITH GRANT OPTION` и проверить, разрешено ли пользователю передавать это право другим. Кроме того, в одном параметре можно перечислить несколько прав через запятую, и тогда функция возвратит `true`, если пользователь имеет какие-либо из них. (Регистр в названии прав не имеет значения, а между ними (но не внутри) разрешены пробельные символы.) Пара примеров:

```
SELECT has_table_privilege('myschema.mytable', 'select');
SELECT has_table_privilege('joe', 'mytable', 'INSERT, SELECT WITH GRANT OPTION');
```

Таблица 9.64. Функции для проверки прав доступа

Функция Описание
`has_any_column_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *table* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь указанное право для какого-либо столбца таблицы? Ответ положительный, когда он имеет это право для всей таблицы или ему дано соответствующее право на уровне столбцов хотя бы для одного столбца. Возможные права: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `REFERENCES`.
`has_column_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *table* `text` или `oid`, *column* `text` или `smallint`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь указанное право для заданного столбца таблицы? Ответ положительный, когда он имеет это право для всей таблицы или ему дано соответствующее право на уровне столбца. Столбец можно задать по имени или номеру атрибута (`pg_attribute.attnum`). Возможные права: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `REFERENCES`.
`has_database_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *database* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь указанное право в базе данных? Возможные права: `CREATE`, `CONNECT`, `TEMPORARY` и `TEMP` (синоним `TEMPORARY`).
`has_foreign_data_wrapper_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *fdw* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь право для обёртки сторонних данных? На данный момент возможно только одно право: `USAGE`.

`has_function_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *function* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean`
Имеет ли пользователь право для функции? Возможно единственное право: `EXECUTE`. При указании функции по имени, а не по OID, допускаются те же входные значения, что и для типа `regprocedure` (см. Раздел 8.19). Например:
`SELECT has_function_privilege('joeuser', 'myfunc(int, text)', 'execute');`

`has_language_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *language* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь право для языка? Возможно единственное право: `USAGE`.
`has_schema_privilege` ([*user* `name` или `oid`,] *schema* `text` или `oid`, *privilege* `text`) → `boolean` Имеет ли пользователь право для схемы? Возможные права: `CREATE` и `USAGE`.

Функция Описание
`has_sequence_privilege` ([*user* name или oid,] *sequence* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для последовательности? Возможные права: `USAGE`, `SELECT` и `UPDATE`.
`has_server_privilege` ([*user* name или oid,] *server* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для стороннего сервера? На данный момент возможно только одно право: `USAGE`.
`has_table_privilege` ([*user* name или oid,] *table* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для таблицы? Возможные права: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES` и `TRIGGER`.
`has_tablespace_privilege` ([*user* name или oid,] *tablespace* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для табличного пространства? Возможно единственное право: `CREATE`.
`has_type_privilege` ([*user* name или oid,] *type* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для типа данных? Возможно единственное право: `USAGE`. При указании типа по имени, а не по OID, допускаются те же входные значения, что и для типа данных `regtype` (см. Раздел 8.19).
`pg_has_role` ([*user* name или oid,] *role* text или oid, *privilege* text) → boolean Имеет ли пользователь право для роли? Возможные права: `MEMBER` и `USAGE`. Под `MEMBER` подразумевается непосредственное или косвенное членство в роли (то есть право выполнить команду `SET ROLE`), тогда как `USAGE` означает, что пользователь получает права этой роли автоматически, не выполняя `SET ROLE`. К любому из этих типов прав можно добавить `WITH ADMIN OPTION` или `WITH GRANT OPTION`, чтобы проверить наличие права `ADMIN` (все четыре варианта написания проверяют одно и то же). Эта функция не поддерживает особый случай установки значения `public` для *user*, так как псевдороль PUBLIC не может быть членом обычных ролей.
`row_security_active` (*table* text или oid) → boolean Действует ли защита на уровне строк для заданной таблицы в контексте текущего пользователя в текущем окружении?

В Таблице 9.65 показаны операторы, предназначенные для работы с типом `aclitem`, который представляет в системном каталоге права доступа. О содержании значений этого типа рассказывается в Разделе 5.7.

Таблица 9.65. Операторы для типа `aclitem`

Оператор Описание Пример(ы)
`aclitem = aclitem` → boolean Значения `aclitem` равны? (Заметьте, что для типа `aclitem` не определён обычный набор операторов сравнения, поддерживается только проверка равенства. Массивы `aclitem`, в свою очередь, также могут сравниваться только на равенство.) `'calvin=r*w/hobbes'::aclitem = 'calvin=r*w*/hobbes'::aclitem` → `f`
`aclitem[] @> aclitem` → boolean Содержит ли массив заданное право? (Ответ положительный, если в массиве есть запись, соответствующая правообладателю и праводателю из `aclitem` и содержащая как минимум указанный набор прав.)

Оператор **Описание** **Пример(ы)**
`'{calvin=r*w/hobbes,hobbes=r*w*/postgres}'::aclitem[] @> 'calvin=r*/hobbes'::aclitem` → `t`

`aclitem[] ~ aclitem` → `boolean`
Это устаревший синоним для `@>`.
`'{calvin=r*w/hobbes,hobbes=r*w*/postgres}'::aclitem[] ~ 'calvin=r*/hobbes'::aclitem` → `t`

В Таблице 9.66 приведены дополнительные функции, предназначенные для работы с типом `aclitem`.

Таблица 9.66. Функции для типа aclitem

Функция **Описание**
`acldefault ( type "char", ownerId oid )` → `aclitem[]` Выдаёт массив с элементами `aclitem`, содержащий действующий по умолчанию набор прав доступа для объектов типа *type*, принадлежащих роли *ownerId*. Результат показывает, какие права доступа подразумеваются, когда список ACL определённого объекта пуст. (Права доступа, действующие по умолчанию, описываются в Разделе 5.7.) Параметр *type* может принимать одно из следующих значений: 'c' —столбец (`COLUMN`), 'r' — таблица или подобный таблице объект (`TABLE`), 's' — последовательность (`SEQUENCE`), 'd' — база данных (`DATABASE`), 'f' — функция (`FUNCTION`) или процедура (`PROCEDURE`), 'l' — язык (`LANGUAGE`), 'L' — большой объект (`LARGE OBJECT`), 'n' — схема (`SCHEMA`), 't' — табличное пространство (`TABLESPACE`), 'F' — обёртка сторонних данных (`FOREIGN DATA WRAPPER`), 'S' — сторонний сервер (`FOREIGN SERVER`) и 'T' — тип (`TYPE`) или домен (`DOMAIN`).
`aclexplode ( aclitem[] )` → `setof record ( grantor oid, grantee oid, privilege_type text, is_grantable boolean )` Возвращает массив `aclitem` в виде набора табличных строк. Если праводателем является псевдороль PUBLIC, она представляется нулём в столбце *grantee*. Назначенные права представляются ключевыми словами `SELECT`, `INSERT` и т. д. Заметьте, что каждое право выводится в отдельной строке, так что в столбце *privilege_type* содержится только одно ключевое слово.
`makeaclitem ( grantee oid, grantor oid, privileges text, is_grantable boolean )` → `aclitem` Конструирует значение `aclitem` с заданными свойствами.

В Таблице 9.67 показаны функции, определяющие *видимость* объекта с текущим путём поиска схем. К примеру, таблица считается видимой, если содержащая её схема включена в путь поиска и нет другой таблицы с тем же именем, которая была бы найдена в этом пути раньше. Другими словами, к этой таблице можно будет обратиться просто по её имени, без явного указания схемы. Просмотреть список всех видимых таблиц можно так:

```
SELECT relname FROM pg_class WHERE pg_table_is_visible(oid);
```

Объект, представляющий функцию и оператор, считаются видимым в пути поиска, если при просмотре пути не находится предшествующий ему другой объект с тем же именем *и типами аргументов*. Для семейств и классов операторов помимо имени объекта во внимание принимается также связанный метод доступа к индексу.

Таблица 9.67. Функции для определения видимости

Функция **Описание**
`pg_collation_is_visible ( collation oid )` → `boolean`

Функция Описание
Видимо ли правило сортировки в пути поиска?
`pg_conversion_is_visible` (*conversion* oid) → boolean Видимо ли преобразование в пути поиска?
`pg_function_is_visible` (*function* oid) → boolean Видима ли функция в пути поиска? (Также работает для процедур и агрегатных функций.)
`pg_opclass_is_visible` (*opclass* oid) → boolean Виден ли класс операторов в пути поиска?
`pg_operator_is_visible` (*operator* oid) → boolean Видим ли оператор в пути поиска?
`pg_opfamily_is_visible` (*opclass* oid) → boolean Видимо ли семейство операторов в пути поиска?
`pg_statistics_obj_is_visible` (*stat* oid) → boolean Видим ли объект статистики в пути поиска?
`pg_table_is_visible` (*table* oid) → boolean Видима ли таблица в пути поиска? (Эта проверка работает со всеми типами отношений, включая представления, матпредставления, индексы, последовательности и сторонние таблицы.)
`pg_ts_config_is_visible` (*config* oid) → boolean Видима ли конфигурация текстового поиска?
`pg_ts_dict_is_visible` (*dict* oid) → boolean Видим ли словарь текстового поиска?
`pg_ts_parser_is_visible` (*parser* oid) → boolean Видим ли анализатор текстового поиска?
`pg_ts_template_is_visible` (*template* oid) → boolean Видим ли шаблон текстового поиска?
`pg_type_is_visible` (*type* oid) → boolean Видим ли тип (или домен) в пути поиска?

Всем этим функциям должен передаваться OID проверяемого объекта. Если вы хотите проверить объект по имени, удобнее использовать типы-псевдонимы OID (`regclass`, `regtype`, `regprocedure`, `regoperator`, `regconfig` или `regdictionary`), например:

```
SELECT pg_type_is_visible('myschema.widget'::regtype);
```

Заметьте, что проверять таким способом имена без указания схемы не имеет большого смысла — если имя удастся распознать, значит и объект будет видимым.

В Таблице 9.68 перечислены функции, извлекающие информацию из системных каталогов.

Таблица 9.68. Функции для обращения к системным каталогам

Функция Описание
`format_type` (*type* oid, *typemod* integer) → text Выдаёт в формате SQL имя типа данных, определяемого по OID и, возможно, модификатору типа. Если модификатор неизвестен, вместо него можно передать NULL.
`pg_get_constraintdef` (*constraint* oid [, *pretty* boolean]) → text

Функция Описание
Восстанавливает команду, создающую ограничение. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.)
`pg_get_expr` (*expr* `pg_node_tree` , *relation* `oid` [, *pretty* `boolean`]) → `text` Декомпилирует внутреннюю форму выражений, находящихся в системных каталогах, например, выражений, задающих значения по умолчанию. Если выражение может содержать Vars (переменные), передайте во втором параметре OID отношения, к которому обращается данное выражение; в противном случае достаточно передать 0.
`pg_get_functiondef` (*func* `oid`) → `text` Восстанавливает команду, создающую функцию или процедуру. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.) В результате выдаётся полноценный оператор `CREATE OR REPLACE FUNCTION` или `CREATE OR REPLACE PROCEDURE`.
`pg_get_function_arguments` (*func* `oid`) → `text` Восстанавливает список аргументов для функции или процедуры в том виде, в каком он должен задаваться в команде `CREATE FUNCTION` (включая значения по умолчанию).
`pg_get_function_identity_arguments` (*func* `oid`) → `text` Восстанавливает список аргументов, необходимый для однозначной идентификации функции или процедуры, в том виде, в каком он должен задаваться, например в `ALTER FUNCTION`. В этом виде значения по умолчанию не указываются.
`pg_get_function_result` (*func* `oid`) → `text` Восстанавливает для функции предложение `RETURNS` в том виде, в котором оно должно указываться в команде `CREATE FUNCTION`. Для процедуры возвращается `NULL`.
`pg_get_indexdef` (*index* `oid` [, *column* `integer`, *pretty* `boolean`]) → `text` Восстанавливает команду, создающую индекс. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.) Если передаётся значение *column* и оно отлично от нуля, восстанавливается только определение этого столбца.
`pg_get_keywords` () → `setof record` (*word* `text`, *catcode* `"char"`, *catdesc* `text`) Выдаёт набор записей, описывающих ключевые слова, которые воспринимает сервер. Столбец *word* содержит слово, а столбец *catcode* — код категории: `U` — не зарезервировано, `C` — слово, которое может быть именем столбца, `T` — слово, которое может быть именем типа или функции, `R` — полностью зарезервированное слово. Столбец `catdesc` содержит описание категории, возможно локализованное.
`pg_get_ruledef` (*rule* `oid` [, *pretty* `boolean`]) → `text` Восстанавливает команду, создающую правило. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.)
`pg_get_serial_sequence` (*table* `text`, *column* `text`) → `text` Выдаёт имя последовательности, связанной со столбцом, либо NULL, если такой последовательности нет. Для столбца идентификации это будет последовательность, созданная для него неявно внутри. Для столбцов, имеющих один из последовательных типов (`serial`, `smallserial`, `bigserial`), это последовательность, созданная объявлением данного столбца. В последнем случае эту связь можно изменить или разорвать, воспользовавшись командой `ALTER SEQUENCE OWNED BY`. (Возможно, эту функцию стоило назвать `pg_get_owned_sequence` ; её существующее имя отражает тот факт, что изначально она использовалась со столбцами последовательных типов.) В первом параметре функции указывается имя таблицы (возможно, дополненное схемой), а во втором — имя столбца. Так как первый параметр может содержать имя схемы и таблицы, он воспринимается не как идентификатор в кавычках и поэтому по умолчанию приводится к нижнему регистру, тогда как имя столбца во втором параметре воспринимается как заключённое в кавычки и в нём регистр символов сохраняется. Эта функция возвращает имя в виде, пригодном для передачи функциям, работающим с последовательностями (см. Раздел 9.17).

Функция Описание
Обычно эта функция применяется для получения текущего значения последовательности для столбца идентификации или последовательного столбца, например так: `SELECT currval(pg_get_serial_sequence('sometable', 'id'));`
`pg_get_statisticsobjdef` (*statobj* `oid`) → `text` Восстанавливает команду, создающую объект расширенной статистики. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.)
`pg_get_triggerdef` (*trigger* `oid` [, *pretty* `boolean`]) → `text` Восстанавливает команду, создающую триггер. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.)
`pg_get_userbyid` (*role* `oid`) → `name` Выдаёт имя роли по заданному OID.
`pg_get_viewdef` (*view* `oid` [, *pretty* `boolean`]) → `text` Восстанавливает команду `SELECT`, определяющую представление или матпредставление. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.)
`pg_get_viewdef` (*view* `oid`, *wrap_column* `integer`) → `text` Восстанавливает команду `SELECT`, определяющую представление или матпредставление. (Текст команды не является изначальным, он восстанавливается путём декомпиляции.) В этой вариации функции всегда применяется визуальное улучшение и длинные строки переносятся, чтобы текст умещался по ширине в заданное число столбцов.
`pg_get_viewdef` (*view* `text` [, *pretty* `boolean`]) → `text` Восстанавливает команду `SELECT`, определяющую представление или матпредставление, заданное по имени, а не по OID. (Это устаревшая вариация, используйте вместо неё вариацию с OID).
`pg_index_column_has_property` (*index* `regclass`, *column* `integer`, *property* `text`) → `boolean` Проверяет, имеет ли столбец индекса заданное свойство. Типичные свойства столбцов описаны в Таблице 9.69. (Заметьте, что расширенные методы доступа могут определять для своих индексов дополнительные свойства.) Если заданное имя свойства не известно или не применимо к конкретному объекту, либо если OID или номер столбца не указывают на существующий объект, эта функция возвращает `NULL`.
`pg_index_has_property` (*index* `regclass`, *property* `text`) → `boolean` Проверяет, имеет ли индекс заданное свойство. Типичные свойства индексов описаны в Таблице 9.69. (Заметьте, что расширенные методы доступа могут определять для своих индексов дополнительные свойства.) Если заданное имя свойства не известно или не применимо к конкретному объекту, либо если OID не указывает на существующий объект, эта функция возвращает `NULL`.
`pg_indexam_has_property` (*am* `oid`, *property* `text`) → `boolean` Проверяет, имеет ли метод доступа индекса заданное свойство. Свойства методов доступа описаны в Таблице 9.71. Если заданное имя свойства неизвестно или не применимо к конкретному объекту, либо если OID не указывает на существующий объект, эта функция возвращает `NULL`.
`pg_options_to_table` (*options_array* `text[]`) → `setof record` (*option_name* `text`, *option_value* `text`) Выдаёт набор параметров хранилища, представленных значением из `pg_class.reloptions` или `pg_attribute.attoptions`.
`pg_tablespace_databases` (*tablespace* `oid`) → `setof oid` Выдаёт набор OID баз данных, объекты которых размещены в заданном табличном пространстве. Если эта функция возвращает строки, это означает, что табличное простран-

Функция Описание
ство не пустое и удалить его нельзя. Какие именно объекты находятся в табличном пространстве, можно определить, подключаясь к базам данных, OID которых сообщила `pg_tablespace_databases`, и анализируя их каталоги `pg_class`.
`pg_tablespace_location` (*tablespace* `oid`) → `text` Выдаёт путь в файловой системе к местоположению заданного табличного пространства.

`pg_typeof` (`"any"`) → `regtype`
Выдаёт OID типа данных для переданного значения. Это может быть полезно для разрешения проблем или динамического создания SQL-запросов. Эта функция объявлена как возвращающая тип `regtype`, который является псевдонимом типа OID (см. Раздел 8.19); это означает, что значение этого типа можно сравнивать как OID, но выводится оно как название типа.
Пример:
`SELECT pg_typeof(33);`
` pg_typeof`
`-----------`
` integer`
 	
`SELECT typlen FROM pg_type WHERE oid = pg_typeof(33);`
` typlen`
`--------`
`      4`

`COLLATION FOR` (`"any"`) → `text`
Выдаёт имя правила сортировки для переданного значения. Это значение может быть заключено в кавычки и дополнено схемой. Если с выражением аргумента не связано правило сортировки, возвращается `NULL`. Если же правила сортировки не применимы для типа аргумента, происходит ошибка.
Пример:
`SELECT collation for (description) FROM pg_description LIMIT 1;`
` pg_collation_for`
`------------------`
` "default"`
 	
`SELECT collation for ('foo' COLLATE "de_DE");`
` pg_collation_for`
`------------------`
` "de_DE"`

`to_regclass` (`text`) → `regclass` Переводит в OID текстовое имя отношения. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regclass` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит `NULL`, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regcollation` (`text`) → `regcollation` Переводит в OID текстовое имя правила сортировки. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regcollation` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит `NULL`, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regnamespace` (`text`) → `regnamespace` Переводит в OID текстовое имя схемы. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regnamespace` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распо-

Функция Описание
знано, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regoper` (`text`) → `regoper` Переводит в OID текстовое имя оператора. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regoper` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано или окажется неоднозначным, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regoperator` (`text`) → `regoperator` Переводит в OID текстовое имя оператора с указанием типов параметров. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regoperator` (см Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regproc` (`text`) → `regproc` Переводит в OID текстовое имя функции или процедуры. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regoperator` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано или окажется неоднозначным, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regprocedure` (`text`) → `regprocedure` Переводит в OID текстовое имя функции или процедуры с указанием типов аргументов. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regprocedure` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regrole` (`text`) → `regrole` Переводит в OID текстовое имя роли. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regrole` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.
`to_regtype` (`text`) → `regtype` Переводит в OID текстовое имя типа. Подобный результат можно получить, приведя строку с именем к типу `regtype` (см. Раздел 8.19); однако если имя не будет распознано, эта функция возвратит NULL, а не выдаст ошибку. Также, в отличие от приведения, данная функция не принимает в качестве входных данных числовой OID.

Многие из функций, восстанавливающих (декомпилирующих) объекты БД, принимают дополнительный флаг *pretty*, в котором можно передать `true` для визуального улучшения вывода. При этом будут убраны лишние скобки и добавлены пробельные символы, чтобы текст был более разборчивым. Преобразованный вывод легче читается, но формат по умолчанию с большей вероятностью будет успешно восприниматься будущими версиями PostgreSQL, поэтому для выгрузки содержимого БД рекомендуется избегать использования визуально улучшенного формата. Если параметр *pretty* равен `false`, это равнозначно его отсутствию.

Таблица 9.69. Свойства столбца индекса

Имя	Описание
`asc`	Сортируется ли столбец по возрастанию при сканировании вперёд?

Имя	Описание
desc	Сортируется ли столбец по убыванию при сканировании вперёд?
nulls_first	Выдаются ли NULL в начале при сканирования вперёд?
nulls_last	Выдаются ли NULL в конце при сканировании вперёд?
orderable	Связан ли со столбцом некоторый порядок сортировки?
distance_orderable	Может ли столбец сканироваться по порядку оператором «расстояния», например, `ORDER BY столбец <-> константа` ?
returnable	Может ли значение столбца быть получено при сканировании только индекса?
search_array	Поддерживает ли столбец внутренними средствами поиск `столбец = ANY(массив)` ?
search_nulls	Поддерживает ли столбец поиск `IS NULL` и `IS NOT NULL`?

Таблица 9.70. Свойства индекса

Имя	Описание
clusterable	Может ли индекс использоваться в команде `CLUSTER`?
index_scan	Поддерживает ли индекс простое сканирование (не по битовой карте)?
bitmap_scan	Поддерживает ли индекс сканирование по битовой карте?
backward_scan	Может ли в процессе сканирования меняться направление (для поддержки перемещения курсора `FETCH BACKWARD` без необходимости материализации)?

Таблица 9.71. Свойства метода доступа индекса

Имя	Описание
can_order	Поддерживает ли метод доступа `ASC`, `DESC` и связанные ключевые слова в `CREATE INDEX`?
can_unique	Поддерживает ли метод доступа уникальные индексы?
can_multi_col	Поддерживает ли метод доступа индексы по нескольким столбцам?
can_exclude	Поддерживает ли метод доступа ограничения-исключения?
can_include	Поддерживает ли метод доступа предложение `INCLUDE` команды `CREATE INDEX`?

В Таблице 9.72 перечислены функции, связанные с идентификацией и адресацией объектов баз данных.

Таблица 9.72. Функции получения информации и адресации объектов

Функция Описание
`pg_describe_object` (*classid* oid, *objid* oid, *objsubid* integer) → text Выдаёт текстовое описание объекта БД, идентифицируемого по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта (например, номер столбца в таблице; ID подобъекта равен нулю для объекта в целом). Это описание предназначено для человека и может переводиться, в зависимости от конфигурации сервера. Данная функция в особенности полезна, когда требуется узнать, что за объект хранится в каталоге `pg_depend`.
`pg_identify_object` (*classid* oid, *objid* oid, *objsubid* integer) → record (*type* text, *schema* text, *name* text, *identity* text) Выдаёт запись, содержащую достаточно информации для однозначной идентификации объекта БД по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта. Эта информация предназначена для машины и поэтому никогда не переводится. Столбец *type* содержит тип объекта БД; *schema* — имя схемы, к которой относится объект (либо `NULL` для объектов, не относящихся к схемам); *name* — имя объекта, при необходимости в кавычках, которое присутствует, только если оно (возможно, вместе со схемой) однозначно идентифицирует объект (в противном случае `NULL`); *identity* — полный идентификатор объекта, точный формат которого зависит от типа объекта, а каждая его часть дополняется схемой и заключается в кавычки, если требуется.
`pg_identify_object_as_address` (*classid* oid, *objid* oid, *objsubid* integer) → record (*type* text, *object_names* text[], *object_args* text[]) Выдаёт запись, содержащую достаточно информации для однозначной идентификации объекта БД по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта. Выдаваемая информация не зависит от текущего сервера, то есть по ней можно идентифицировать одноимённый объект на другом сервере. Поле *type* содержит тип объекта БД, а *object_names* и *object_args* — текстовые массивы, в совокупности формирующие ссылку на объект. Эти три значения можно передать функции `pg_get_object_address`, чтобы получить внутренний адрес объекта.
`pg_get_object_address` (*type* text, *object_names* text[], *object_args* text[]) → record (*classid* oid, *objid* oid, *objsubid* integer) Выдаёт запись, содержащую достаточно информации для уникальной идентификации объекта БД по коду типа и массивам имён и аргументов. В ней возвращаются значения, которые используются в системных каталогах, например `pg_depend`, и могут передаваться в другие системные функции, например `pg_describe_object` или `pg_identify_object`. Поле *classid* содержит OID системного каталога, к которому относится объект; *objid* — OID самого объекта, а *objsubid* — идентификатор подобъекта или 0 в случае его отсутствия. Эта функция является обратной к `pg_identify_object_as_address`.

Функции, перечисленные в Таблице 9.73, извлекают комментарии, заданные для объектов с помощью команды COMMENT. Если найти комментарий для заданных параметров не удаётся, они возвращают NULL.

Таблица 9.73. Функции получения комментариев

Функция Описание
`col_description` (*table* oid, *column* integer) → text Выдаёт комментарий для столбца с заданным номером в таблице с указанным OID. (`obj_description` нельзя использовать для столбцов таблицы, так столбцы не имеют собственных OID.)
`obj_description` (*object* oid, *catalog* name) → text

Функция Описание
Выдаёт комментарий для объекта, имеющего заданный OID и находящегося в указанном системном каталоге. Например, в результате вызова `obj_description(123456,'pg_class')` будет получен комментарий для таблицы с OID 123456.
`obj_description` (*object* `oid`) → `text` Выдаёт комментарий для объекта, заданного только по OID. Эта вариация считается *устаревшей*, так как нет гарантии, что OID будет уникальным в разных системных каталогах, и поэтому может быть получен неправильный комментарий.
`shobj_description` (*object* `oid`, *catalog* `name`) → `text` Выдаёт комментарий для общего объекта баз данных, имеющего заданный OID и находящегося в указанном системном каталоге. Эта функция аналогична `obj_description` , за исключением того, что она извлекает комментарий для общих объектов (то есть, баз данных, ролей и табличных пространств). Некоторые системные каталоги являются глобальными для всех баз данных в кластере и описания объектов в них также хранятся глобально.

Функции, показанные в Таблице 9.74, выдают информацию о транзакциях сервера в виде, подходящем для экспорта. В основном эти функции используются, чтобы определить, какие транзакции были зафиксированы между двумя снимками состояния.

Таблица 9.74. Функции получения информации об идентификаторах транзакций и снимках состояния

Функция Описание
`age` (`xid`) → `integer` Возвращает количество транзакций между указанным идентификатором транзакции и текущим значением счётчика транзакций.
`mxid_age` (`xid`) → `integer` Возвращает количество идентификаторов мультитранзакций между указанным идентификатором мультитранзакций и текущим значением счётчика мультитранзакций.
`pg_current_xact_id` () → `xid8` Выдаёт идентификатор текущей транзакции. Если у текущей транзакции ещё нет идентификатора (она не успела выполнить какие-либо изменения в базе), он будет ей назначен.
`pg_current_xact_id_if_assigned` () → `xid8` Выдаёт идентификатор текущей транзакции или `NULL`, если она ещё не имеет идентификатора. (Если транзакция может оставаться только читающей, лучше использовать эту вариацию, чтобы избежать излишнего потребления XID.)
`pg_xact_status` (`xid8`) → `text` Выдаёт состояние фиксации транзакции. Результатом будет одно из значений: `in progress` (выполняется), `committed` (зафиксирована) и `aborted` (прервана), если только транзакция не настолько давняя, чтобы система удалила информацию о её состоянии. Если же упоминаний о транзакции в системе не осталось и информация о её фиксации потеряна, эта функция возвращает `NULL`. Приложения могут использовать эту функцию, например, чтобы определить, была ли транзакция зафиксирована или прервана, после потери подключения к серверу в процессе выполнения `COMMIT`. Заметьте, что для подготовленных транзакций возвращается состояние `in progress`; приложения должны проверять `pg_prepared_xacts` , если им нужно определить, является ли транзакция с заданным ID подготовленной.
`pg_current_snapshot` () → `pg_snapshot`

Функция Описание
Возвращает текущий *снимок состояния* — структуру данных, показывающую, какие транзакции выполняются в момент снимка.
`pg_snapshot_xip` (`pg_snapshot`) → `setof xid8` Выдаёт набор идентификаторов выполняющихся транзакций, содержащихся в снимке.
`pg_snapshot_xmax` (`pg_snapshot`) → `xid8` Выдаёт значение `xmax` для заданного снимка.
`pg_snapshot_xmin` (`pg_snapshot`) → `xid8` Выдаёт `xmin` для заданного снимка.
`pg_visible_in_snapshot` (`xid8`, `pg_snapshot`) → `boolean` *Видна* ли транзакция с указанным идентификатором в данном снимке (то есть, была ли она завершена до момента получения снимка)? Заметьте, что эта функция не выдаст правильный ответ, если ей передать идентификатор подтранзакции.
`pg_get_multixact_members` (*`multixid`* `xid`) → `setof record` (*`xid`* `xid`, *`mode`* `text`) Выдаёт идентификатор транзакции и режима блокировки для каждого члена с заданным идентификатором мультитранзакции. Режимы блокировок `forupd`, `fornokeyupd`, `sh` и `keysh` соответствуют блокировкам уровня строк `FOR UPDATE`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` соответственно, более подробная информация предоставлена в Подразделе 13.3.2. Ещё два режима относятся только к мультитранзакциям: `nokeyupd`, используется для обновлений, не меняющий ключевые столбцы, и `upd`, используется для обновлений и удалений, которые затрагивают ключевые столбцы.

Внутренний тип идентификаторов транзакций, `xid`, имеет размер 32 бита и значения в нём повторяются через каждые 4 миллиарда транзакций. Однако функции, показанные в Таблице 9.74, за исключением `age`, `mxid_age` и `pg_get_multixact_members`, используют 64-битный тип `xid8`, значения которого не повторяются на протяжении всей жизни сервера и могут быть приведены к типу `xid`, если требуется. Тип данных `pg_snapshot` содержит информацию о видимости транзакций в определённый момент времени. Его компоненты описаны в Таблице 9.75. В текстовом виде `pg_snapshot` представляется как *`xmin`*`:`*`xmax`*`:`*`список_xip`*. Например, запись `10:20:10,14,15` обозначает `xmin=10, xmax=20, xip_list=10, 14, 15`.

Таблица 9.75. Состав информации о снимке

Имя	Описание
`xmin`	Минимальный идентификатор транзакции среди всех активных. Все транзакции, идентификаторы которых меньше `xmin`, уже либо зафиксированы и видимы, либо отменены и «мертвы».
`xmax`	Идентификатор на один больше идентификатора последней завершённой транзакции. Все транзакции, идентификаторы которых больше или равны `xmax`, на момент получения снимка ещё не завершены и не являются видимыми.
`xip_list`	Транзакции, выполняющиеся в момент получения снимка. Транзакции с такими идентификаторами, для которых `xmin <=` *`ид`* `< xmax`, не попавшие в этот список, были уже завершены на момент получения снимка, и поэтому либо видимы, либо «мертвы», в зависимости от варианта завершения. Идентификаторы подтранзакций в этот список не включаются.

До 13 версии в PostgreSQL отсутствовал тип xid8, поэтому предлагались вариации этих функций, в которых 64-битные XID представлялись в типе bigint, а для информации о снимке использовался отдельный тип txid_snapshot. В названиях этих старых функций фигурирует txid. Они по-прежнему поддерживаются для обратной совместимости, но могут быть удалены в будущем. См. Таблицу 9.76.

Таблица 9.76. Устаревшие функции получения информации об идентификаторах транзакций и снимках состояния

Функция Описание
txid_current () → bigint См. pg_current_xact_id() .
txid_current_if_assigned () → bigint См. pg_current_xact_id_if_assigned() .
txid_current_snapshot () → txid_snapshot См. pg_current_snapshot() .
txid_snapshot_xip (txid_snapshot) → setof bigint См. pg_snapshot_xip() .
txid_snapshot_xmax (txid_snapshot) → bigint См. pg_snapshot_xmax() .
txid_snapshot_xmin (txid_snapshot) → bigint См. pg_snapshot_xmin() .
txid_visible_in_snapshot (bigint, txid_snapshot) → boolean См. pg_visible_in_snapshot() .
txid_status (bigint) → text См. pg_xact_status() .

Функции, показанные в Таблице 9.77, выдают информацию о времени фиксирования уже завершённых транзакций. Полезным результат этих функций будет, только когда включён параметр конфигурации track_commit_timestamp и только для транзакций, зафиксированных после его включения.

Таблица 9.77. Функции получения информации о фиксации транзакций

Функция Описание
pg_xact_commit_timestamp (xid) → timestamp with time zone Выдаёт время фиксации транзакции.
pg_last_committed_xact () → record (*xid* xid, *timestamp* timestamp with time zone) Выдаёт идентификатор и время фиксации транзакции, зафиксированной последней.

Функции, показанные в Таблице 9.78, выдают информацию, записываемую во время initdb, например, версию каталога. Они также выводят сведения о журнале предзаписи и контрольных точках. Эта информация относится ко всему кластеру, а не к отдельной базе. Данные функции выдают практически ту же информацию, и из того же источника, что и pg_controldata.

Таблица 9.78. Функции управления данными

Функция Описание
pg_control_checkpoint () → record Выдаёт информацию о текущем состоянии контрольных точек, показанную в Таблице 9.79.

Функция **Описание**
pg_control_system () → record Выдаёт информацию о текущем состоянии управляющего файла, показанную в Таблице 9.80.
pg_control_init () → record Выдаёт информацию о состоянии инициализации кластера, показанную в Таблице 9.81.
pg_control_recovery () → record Выдаёт информацию о состоянии восстановления, как показано в Таблице 9.82.

Таблица 9.79. Столбцы результата pg_control_checkpoint

Имя столбца	Тип данных
checkpoint_lsn	pg_lsn
redo_lsn	pg_lsn
redo_wal_file	text
timeline_id	integer
prev_timeline_id	integer
full_page_writes	boolean
next_xid	text
next_oid	oid
next_multixact_id	xid
next_multi_offset	xid
oldest_xid	xid
oldest_xid_dbid	oid
oldest_active_xid	xid
oldest_multi_xid	xid
oldest_multi_dbid	oid
oldest_commit_ts_xid	xid
newest_commit_ts_xid	xid
checkpoint_time	timestamp with time zone

Таблица 9.80. Столбцы результата pg_control_system

Имя столбца	Тип данных
pg_control_version	integer
catalog_version_no	integer
system_identifier	bigint
pg_control_last_modified	timestamp with time zone

Таблица 9.81. Столбцы результата pg_control_init

Имя столбца	Тип данных
max_data_alignment	integer
database_block_size	integer
blocks_per_segment	integer
wal_block_size	integer

Имя столбца	Тип данных
bytes_per_wal_segment	integer
max_identifier_length	integer
max_index_columns	integer
max_toast_chunk_size	integer
large_object_chunk_size	integer
float8_pass_by_value	boolean
data_page_checksum_version	integer

Таблица 9.82. Столбцы результата pg_control_recovery

Имя столбца	Тип данных
min_recovery_end_lsn	pg_lsn
min_recovery_end_timeline	integer
backup_start_lsn	pg_lsn
backup_end_lsn	pg_lsn
end_of_backup_record_required	boolean

9.27. Функции для системного администрирования

Функции, описанные в этом разделе, предназначены для контроля и управления сервером PostgreSQL.

9.27.1. Функции для управления конфигурацией

В Таблице 9.83 показаны функции, позволяющие получить и изменить значения параметров конфигурации выполнения.

Таблица 9.83. Функции для управления конфигурацией

Функция Описание Пример(ы)

`current_setting` (*setting_name* `text` [, *missing_ok* `boolean`]) → `text`
Выдаёт текущее значение параметра *setting_name* . Если такого параметра нет, `current_setting` выдаёт ошибку, если только дополнительно не передан параметр *missing_ok* со значением `true` (в этом случае выдаётся NULL). Эта функция соответствует SQL-команде SHOW.
`current_setting('datestyle')` → `ISO, MDY`

`set_config` (*setting_name* `text`, *new_value* `text`, *is_local* `boolean`) → `text`
Устанавливает для параметра *setting_name* значение *new_value* и возвращает это значение. Если параметр *is_local* равен `true`, новое значение будет действовать только в рамках текущей транзакции. Чтобы это значение действовало на протяжении текущего сеанса, присвойте этому параметру `false`. Эта функция соответствует SQL-команде SET.
`set_config('log_statement_stats', 'off', false)` → `off`

9.27.2. Функции для передачи сигналов серверу

Функции, перечисленные в Таблице 9.84, позволяют передавать управляющие сигналы другим серверным процессам. Вызывать эти функции по умолчанию разрешено только суперпользователям, но доступ к ним можно дать и другим пользователям командой `GRANT`, кроме явно отмеченных исключений.

Каждая из этих функций возвращает `true` при успешном завершении и `false` в противном случае.

Таблица 9.84. Функции для передачи сигналов серверу

Функция Описание
pg_cancel_backend (*pid* integer) → boolean Отменяет текущий запрос в сеансе, который обслуживается процессом с заданным PID. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, запрос которой отменяется, и ролям, которым дано право pg_signal_backend ; однако только суперпользователям разрешено отменять запросы других суперпользователей.
pg_reload_conf () → boolean Даёт всем процессам сервера PostgreSQL команду перегрузить файлы конфигурации. (Для этого посылается сигнал SIGHUP главному процессу, который, в свой очередь, посылает SIGHUP всем своим дочерним процессам.)
pg_rotate_logfile () → boolean Указывает менеджеру журнала сообщений немедленно переключиться на новый файл. Это имеет смысл, только когда работает встроенный сборщик сообщений, так как без него подпроцесс менеджера журнала не запускается.
pg_terminate_backend (*pid* integer) → boolean Завершает сеанс, который обслуживается процессом с заданным PID. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, процесс которой прерывается, и ролям, которым дано право pg_signal_backend ; однако только суперпользователям разрешено прерывать обслуживающие процессы других суперпользователей.

pg_cancel_backend и pg_terminate_backend передают сигналы (SIGINT и SIGTERM, соответственно) серверному процессу с заданным кодом PID. Код активного процесса можно получить из столбца pid представления pg_stat_activity или просмотрев на сервере процессы с именем postgres (используя ps в Unix или Диспетчер задач в Windows). Роль пользователя активного процесса можно узнать в столбце usename представления pg_stat_activity.

9.27.3. Функции управления резервным копированием

Функции, перечисленные в Таблице 9.85, предназначены для выполнения резервного копирования «на ходу». Эти функции нельзя выполнять во время восстановления (за исключением немонопольных вариантов pg_start_backup и pg_stop_backup, а также функций pg_is_in_backup, pg_backup_start_time и pg_wal_lsn_diff).

Подробнее практическое применение этих функций описывается в Разделе 25.3.

Таблица 9.85. Функции управления резервным копированием

Функция Описание
pg_create_restore_point (*name* text) → pg_lsn Создаёт в журнале предзаписи именованный маркер, который можно использовать как цель при восстановлении, и возвращает соответствующую ему позицию в журнале. Полученное имя затем можно указать в параметре recovery_target_name, определив тем самым точку, до которой будет выполняться восстановление. Учтите, что если будет создано несколько точек восстановления с одним именем, восстановление остановится на первой точке с этим именем. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_current_wal_flush_lsn () → pg_lsn Выдаёт текущую позицию сброса данных в журнале предзаписи (см. примечания ниже).
pg_current_wal_insert_lsn () → pg_lsn Выдаёт текущую позицию добавления в журнале предзаписи (см. примечания ниже).

Функция **Описание**
pg_current_wal_lsn () → pg_lsn Выдаёт текущую позицию записи в журнале предзаписи (см. примечания ниже).
pg_start_backup (*label* text [, *fast* boolean [, *exclusive* boolean]]) → pg_lsn Подготавливает сервер к резервному копированию «на лету». Единственный обязательный параметр задаёт произвольную пользовательскую метку резервной копии. (Обычно это имя, которое получит файл резервной копии.) Если необязательный второй параметр задан и имеет значение true, функция pg_start_backup должна выполниться максимально быстро. Это означает, что принудительно будет выполнена контрольная точка, вследствие чего кратковременно увеличится нагрузка на ввод/вывод и параллельно выполняемые запросы могут замедлиться. Необязательный третий параметр указывает, будет ли резервное копирование выполняться в немонопольном или монопольном режиме (по умолчанию). При копировании в монопольном режиме эта функция записывает файл метки (backup_label) и, если есть ссылки в каталоге pg_tblspc/ , файл карты табличных пространств (tablespace_map) в каталог данных кластера БД, выполняет процедуру контрольной точки, а затем возвращает начальную позицию создаваемой копии в журнале предзаписи. (Результат этой функции может быть полезен, но если он не нужен, его можно просто игнорировать.) При копировании в немонопольном режиме содержимое этих файлов выдаётся функцией pg_stop_backup , и должно быть записано в архивную копию внешними средствами. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_stop_backup (*exclusive* boolean [, *wait_for_archive* boolean]) → setof record (*lsn* pg_lsn , *labelfile* text, *spcmapfile* text) Завершает процедуру немонопольного или монопольного копирования «на лету». Значение параметра *exclusive* должно соответствовать тому, что было передано в предшествующем вызове pg_start_backup . При монопольном копировании pg_stop_backup удаляет файл метки (и файл tablespace_map , если он существует), созданный функцией pg_start_backup . При немонопольном копировании ожидаемое содержимое этих файлов возвращается в результате этой функции и должно быть записано в файлы в архиве (не в каталоге данных). У этой функции есть также необязательный второй параметр типа boolean. Если он равен false, pg_stop_backup завершится сразу после окончания резервного копирования, не дожидаясь архивации WAL. Это поведение полезно только для программ резервного копирования, которые осуществляют архивацию WAL независимо. Если же WAL не будет заархивирован вовсе, резервная копия может оказаться неполной, и, как следствие, непригодной для восстановления. Когда он равен true (по умолчанию), pg_stop_backup будет ждать выполнения архивации WAL, если архивирование включено. Для резервного сервера это означает, что ожидание возможно только при условии archive_mode = always . Если активность записи на ведущем сервере невысока, может иметь смысл выполнить на нём pg_switch_wal для немедленного переключения сегмента. При выполнении на ведущем эта функция также создаёт файл истории резервного копирования в области архива журнала предзаписи. В этом файле для данной резервной копии сохраняется метка, заданная при вызове pg_start_backup , начальная и конечная позиция в журнале предзаписи, а также время начала и окончания копирования. После записи конечной позиции текущая позиция автоматически перемещается к следующему файлу журнала предзаписи, чтобы файл конечной позиции можно было немедленно архивировать для завершения резервного копирования. В результате эта функция выдаёт единственную запись. Столбец *lsn* в ней содержит позицию завершения копирования в журнале предзаписи (её также можно игнорировать). Второй и третий столбцы после окончания монопольного копирования содержат NULL, а после немонопольного — ожидаемое содержимое файлов метки и карты табличных пространств.

Функция Описание
По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
`pg_stop_backup` () → `pg_lsn` Завершает процедуру монопольного копирования «на лету». Вызов этой упрощённой вариации равнозначен `pg_stop_backup(true, true)`, за исключением того, что в результате выдаётся только `pg_lsn`. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
`pg_is_in_backup` () → `boolean` Возвращает true, если в данный момент выполняется исключительное резервное копирование.
`pg_backup_start_time` () → `timestamp with time zone` Выдаёт время начала исключительного резервного копирования, если оно выполняется в данный момент, иначе — `NULL`.
`pg_switch_wal` () → `pg_lsn` Производит принудительное переключение журнала предзаписи на новый файл, что позволяет архивировать текущий (в предположении, что выполняется непрерывная архивация). Результат функции — конечная позиция в только что законченном файле журнала предзаписи + 1. Если с момента последнего переключения файлов не было активности, отражающейся в журнале предзаписи, `pg_switch_wal` не делает ничего и возвращает начальную позицию в файле журнала предзаписи, используемом в данный момент. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
`pg_walfile_name` (*`lsn`* `pg_lsn`) → `text` Выдаёт для заданной позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла WAL.
`pg_walfile_name_offset` (*`lsn`* `pg_lsn`) → `record` (*`file_name`* `text`, *`file_offset`* `integer`) Выдаёт для заданной позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла и байтовое смещение в нём.
`pg_wal_lsn_diff` (*`lsn1`* `pg_lsn`, *`lsn2`* `pg_lsn`) → `numeric` Вычисляет разницу в байтах (*`lsn1`* - *`lsn2`*) между двумя позициями в журнале предзаписи. Полученный результат можно использовать с `pg_stat_replication` или с некоторыми функциями, перечисленными в Таблица 9.85, для определения задержки репликации.

`pg_current_wal_lsn` выводит текущую позицию записи в журнале предзаписи в том же формате, что и вышеописанные функции. `pg_current_wal_insert_lsn` подобным образом выводит текущую позицию добавления, а `pg_current_wal_flush_lsn` — позицию сброса данных журнала. Позицией добавления называется «логический» конец журнала предзаписи в любой момент времени, тогда как позиция записи указывает на конец данных, фактически вынесённых из внутренних буферов сервера, а позиция сброса показывает, до какого места данные считаются сохранёнными в надёжном хранилище. Позиция записи отмечает конец данных, которые может видеть снаружи внешний процесс, и именно она представляет интерес при копировании частично заполненных файлов журнала. Позиция добавления и позиция сброса выводятся в основном для отладки серверной части. Все эти функции выполняются в режиме «только чтение» и не требуют прав суперпользователя.

Используя функцию `pg_walfile_name_offset`, из значения `pg_lsn` можно получить имя соответствующего ему файла журнала предзаписи и байтовое смещение в этом файле. Например:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_walfile_name_offset(pg_stop_backup());
        file_name         | file_offset
--------------------------+-------------
```

```
 000000010000000000000000D |     4039624
(1 row)
```

Родственная ей функция `pg_walfile_name` извлекает только имя файла журнала предзаписи. Когда заданная позиция в журнале предзаписи находится ровно на границе файлов, обе эти функции возвращают имя предыдущего файла. Обычно это поведение предпочтительно при архивировании журнала предзаписи, так как именно предыдущий файл является последним подлежащим архивации.

9.27.4. Функции управления восстановлением

Функции, показанные в Таблице 9.86, предоставляют сведения о текущем состоянии ведомого сервера. Эти функции могут выполняться как во время восстановления, так и в обычном режиме работы.

Таблица 9.86. Функции для получения информации о восстановлении

Функция Описание
`pg_is_in_recovery` () → `boolean` Возвращает true, если в данный момент выполняется процедура восстановления.
`pg_last_wal_receive_lsn` () → `pg_lsn` Выдаёт позицию последней записи в журнале предзаписи, которая была получена и записана на диск в процессе потоковой репликации. Пока выполняется потоковая репликация, эта позиция постоянно увеличивается. По окончании восстановления она остаётся на записи WAL, полученной и записанной на диск последней. Если потоковая репликация отключена или ещё не запускалась, функция возвращает `NULL`.
`pg_last_wal_replay_lsn` () → `pg_lsn` Выдаёт позицию последней записи в журнале предзаписи, которая была воспроизведёна при восстановлении. В процессе восстановления эта позиция постоянно увеличивается. По окончании этого процесса она остаётся на записи WAL, которая была восстановлена последней. Если сервер при запуске не выполнял процедуру восстановления, эта функция выдаёт `NULL`.
`pg_last_xact_replay_timestamp` () → `timestamp with time zone` Выдаёт отметку времени последней транзакции, воспроизведённой при восстановлении. Это время, когда на главном сервере произошла фиксация или откат записи WAL для этой транзакции. Если в процессе восстановления не была воспроизведена ни одна транзакция, эта функция выдаёт `NULL`. В противном случае возвращаемое значение постоянно увеличивается в процессе восстановления. По окончании восстановления в нём остаётся время транзакции, которая была восстановлена последней. Если сервер при запуске не выполнял процедуру восстановления, эта функция выдаёт `NULL`.

Функции, перечисленные в Таблице 9.87 управляют процессом восстановления. Вызывать их в другое время нельзя.

Таблица 9.87. Функции управления восстановлением

Функция Описание
`pg_is_wal_replay_paused` () → `boolean` Возвращает true, если восстановление приостановлено.
`pg_promote` (*`wait`* boolean DEFAULT true, *`wait_seconds`* integer DEFAULT 60) → boolean Повышает статус ведомого сервера до ведущего. Если параметр *`wait`* равен `true` (по умолчанию), эта функция дожидается завершения операции повышения в течение *`wait_seconds`* секунд и возвращает `true` в случае успешного повышения или `false` в против-

Функция **Описание**
ном случае. Если параметр *wait* равен false, функция возвращает true сразу после передачи процессу postmaster сигнала SIGUSR1, инициирующего повышение. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_wal_replay_pause () → void Приостанавливает восстановление. Когда восстановление приостановлено, запись изменений в базу не производится. В режиме «горячего резерва» все последующие запросы будут видеть один согласованный снимок базы данных, что исключает конфликты запросов до продолжения восстановления. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_wal_replay_resume () → void Возобновляет восстановление, если оно было приостановлено. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.

Функции pg_wal_replay_pause и pg_wal_replay_resume нельзя выполнять в процессе повышения. Если повышение запрашивается, когда восстановление приостановлено, сервер выходит из состояния паузы и продолжает процедуру повышения.

Когда потоковая репликация отключена, пауза при восстановлении может длиться сколь угодно долго без каких-либо проблем. Если же потоковая репликация осуществляется, новые записи WAL продолжат поступать и заполнят весь диск рано или поздно, в зависимости от длительности паузы, интенсивности записи в WAL и объёма свободного пространства.

9.27.5. Функции синхронизации снимков

PostgreSQL позволяет синхронизировать снимки состояния между сеансами баз данных. *Снимок состояния* определяет, какие данные видны транзакции, работающей с этим снимком. Синхронизация снимков необходима, когда в двух или более сеансах нужно видеть одно и то же содержимое базы данных. Если в двух сеансах транзакции запускаются независимо, всегда есть вероятность, что некая третья транзакция будет зафиксирована между командами START TRANSACTION для первых двух, и в результате в одном сеансе будет виден результат третьей, а в другом — нет.

Для решения этой проблемы PostgreSQL позволяет транзакции *экспортировать* снимок состояния, с которым она работает. Пока экспортирующая этот снимок транзакция выполняется, другие транзакции могут *импортировать* его и, таким образом, увидеть абсолютно то же состояние базы данных, что видит первая транзакция. Но учтите, что любые изменения, произведённые этими транзакциями, будут не видны для других, как это и должно быть с изменениями в незафиксированных транзакциях. Таким образом, транзакции синхронизируют только начальное состояние данных, а последующие производимые в них изменения изолируются как обычно.

Снимки состояния экспортируются с помощью функции pg_export_snapshot, показанной в Таблице 9.88, и импортируются командой SET TRANSACTION.

Таблица 9.88. Функции синхронизации снимков

Функция **Описание**
pg_export_snapshot () → text Сохраняет текущий снимок состояния транзакции и возвращает строку типа text с идентификатором этого снимка. Эта строка должна передаваться внешними средствами клиентам, которые будут импортировать этот снимок. Снимок может быть импортирован только при условии, что экспортировавшая его транзакция ещё не завершена. Если необходимо, транзакция может экспортировать несколько снимков. Заметьте, что это имеет смысл только для транзакций уровня READ COMMITTED, так как транзакции

Функция Описание
уровня изоляции REPEATABLE READ и выше работают с одним снимком состояния на протяжении всего своего существования. После того как транзакция экспортировала снимок, её нельзя сделать подготовленной с помощью PREPARE TRANSACTION.

9.27.6. Функции управления репликацией

В Таблице 9.89 показаны функции, предназначенные для управления механизмом репликации и взаимодействия с ним. Чтобы изучить этот механизм детальнее, обратитесь к Подразделу 26.2.5, Подразделу 26.2.6 и Главе 49. Использовать эти функции для источников репликации разрешено только суперпользователям, а для слотов репликации — только суперпользователям и пользователям, имеющим право REPLICATION.

Многие из этих функций соответствуют командам в протоколе репликации; см. Раздел 52.4.

Функции, описанные в Подразделе 9.27.3, Подразделе 9.27.4 и Подразделе 9.27.5, также имеют отношение к репликации.

Таблица 9.89. Функции управления репликацией

Функция Описание
pg_create_physical_replication_slot (*slot_name* name [, *immediately_reserve* boolean, *temporary* boolean]) → record (*slot_name* name, *lsn* pg_lsn) Создаёт новый физический слот репликации с именем *slot_name*. Необязательный второй параметр, когда он равен true, указывает, что LSN для этого слота репликации должен быть зарезервирован немедленно; в противном случае LSN резервируется при первом подключении клиента потоковой репликации. Передача изменений из физического слота возможна только по протоколу потоковой репликации — см. Раздел 52.4. Необязательный третий параметр, *temporary*, когда он равен true, указывает, что этот слот не должен постоянно храниться на диске, так как он предназначен только для текущего сеанса. Временные слоты также освобождаются при любой ошибке. Эта функция соответствует команде протокола репликации CREATE_REPLICATION_SLOT ... PHYSICAL.
pg_drop_replication_slot (*slot_name* name) → void Удаляет физический или логический слот репликации с именем *slot_name*. Соответствует команде протокола репликации DROP_REPLICATION_SLOT.
pg_create_logical_replication_slot (*slot_name* name, *plugin* name [, *temporary* boolean]) → record (*slot_name* name, *lsn* pg_lsn) Создаёт новый логический (декодирующий) слот репликации с именем *slot_name*, используя модуль вывода *plugin*. Необязательный третий параметр, *temporary*, когда равен true, указывает, что этот слот не должен постоянно храниться на диске, так как предназначен только для текущего сеанса. Временные слоты также освобождаются при любой ошибке. Вызов этой функции равнозначен выполнению команды протокола репликации CREATE_REPLICATION_SLOT ... LOGICAL.
pg_copy_physical_replication_slot (*src_slot_name* name, *dst_slot_name* name [, *temporary* boolean]) → record (*slot_name* name, *lsn* pg_lsn) Копирует существующий слот физической репликации с именем *src_slot_name* в слот с именем *dst_slot_name*. Скопированный слот физической репликации начинает резервировать WAL с того же последовательного номера LSN, что и исходный слот. Параметр *temporary* является необязательным и позволяет указать, будет ли слот временным. Если параметр *temporary* опущен, сохраняется то же свойство, что имеет исходный слот.
pg_copy_logical_replication_slot (*src_slot_name* name, *dst_slot_name* name [, *temporary* boolean [, *plugin* name]]) → record (*slot_name* name, *lsn* pg_lsn)

Функция Описание
Копирует существующий слот логической репликации с именем *src_slot_name* в слот с именем *dst_slot_name*, с возможностью смены модуля вывода и свойства временности. Скопированный логический слот начинает передачу с того же последовательного номера LSN, что и исходный слот. Параметры *temporary* и *plugin* являются необязательными; если они опущены, сохраняются свойства исходного слота.
`pg_logical_slot_get_changes` (*slot_name* `name`, *upto_lsn* `pg_lsn`, *upto_nchanges* `integer`, `VARIADIC` *options* `text[]`) → `setof record` (*lsn* `pg_lsn`, *xid* `xid`, *data* `text`) Возвращает изменения в слоте *slot_name* с позиции, до которой ранее были получены изменения. Если параметры *upto_lsn* и *upto_nchanges* равны NULL, логическое декодирование продолжится до конца журнала транзакций. Если *upto_lsn* не NULL, декодироваться будут только транзакции, зафиксированные до заданного LSN. Если *upto_nchanges* не NULL, декодирование остановится, когда число строк, полученных при декодировании, превысит заданное значение. Заметьте однако, что фактическое число возвращённых строк может быть больше, так как это ограничение проверяется только после добавления строк, декодированных для очередной транзакции.
`pg_logical_slot_peek_changes` (*slot_name* `name`, *upto_lsn* `pg_lsn`, *upto_nchanges* `integer`, `VARIADIC` *options* `text[]`) → `setof record` (*lsn* `pg_lsn`, *xid* `xid`, *data* `text`) Работает так же, как функция `pg_logical_slot_get_changes()`, но не забирает изменения; то есть, они будут получены снова при следующих вызовах.
`pg_logical_slot_get_binary_changes` (*slot_name* `name`, *upto_lsn* `pg_lsn`, *upto_nchanges* `integer`, `VARIADIC` *options* `text[]`) → `setof record` (*lsn* `pg_lsn`, *xid* `xid`, *data* `bytea`) Работает так же, как функция `pg_logical_slot_get_changes()`, но выдаёт изменения в типе `bytea`.
`pg_logical_slot_peek_binary_changes` (*slot_name* `name`, *upto_lsn* `pg_lsn`, *upto_nchanges* `integer`, `VARIADIC` *options* `text[]`) → `setof record` (*lsn* `pg_lsn`, *xid* `xid`, *data* `bytea`) Работает аналогично функции `pg_logical_slot_peek_changes()`, но выдаёт изменения в значении `bytea`.
`pg_replication_slot_advance` (*slot_name* `name`, *upto_lsn* `pg_lsn`) → `record` (*slot_name* `name`, *end_lsn* `pg_lsn`) Продвигает текущую подтверждённую позицию слота репликации с именем *slot_name*. Слот нельзя переместить назад, а также вперёд за текущую позицию добавления. Возвращает имя слота и позицию, до которой он фактически продвинулся. Информация об изменившемся положении слота, если он продвинулся, сохраняется только при ближайшей контрольной точке. Поэтому в случае прерывания работы слот может оказаться в предыдущем положении.
`pg_replication_origin_create` (*node_name* `text`) → `oid` Создаёт источник репликации с заданным внешним именем и возвращает назначенный ему внутренний идентификатор.
`pg_replication_origin_drop` (*node_name* `text`) → `void` Удаляет ранее созданный источник репликации, в том числе связанную информацию о воспроизведении.
`pg_replication_origin_oid` (*node_name* `text`) → `oid` Ищет источник репликации по имени и возвращает внутренний идентификатор. Если такой источник не находится, возвращает `NULL`.
`pg_replication_origin_session_setup` (*node_name* `text`) → `void` Помечает текущий сеанс как воспроизводящий изменения из указанного источника, что позволяет отслеживать процесс воспроизведения. Может применяться, только ес-

Функция Описание
ли в текущий момент источник ещё не выбран. Для отмены этого действия вызовите pg_replication_origin_session_reset.
pg_replication_origin_session_reset () → void Отменяет действие pg_replication_origin_session_setup().
pg_replication_origin_session_is_setup () → boolean Возвращает true, если в текущем сеансе выбран источник репликации.
pg_replication_origin_session_progress (*flush* boolean) → pg_lsn Возвращает позицию воспроизведения для источника репликации, выбранного в текущем сеансе. Параметр *flush* определяет, будет ли гарантироваться сохранение локальной транзакции на диске.
pg_replication_origin_xact_setup (*origin_lsn* pg_lsn , *origin_timestamp* timestamp with time zone) → void Помечает текущую транзакцию как воспроизводящую транзакцию, зафиксированную с указанным LSN и временем. Может вызываться только после того, как источник репликации был выбран в результате вызова pg_replication_origin_session_setup().
pg_replication_origin_xact_reset () → void Отменяет действие pg_replication_origin_xact_setup().
pg_replication_origin_advance (*node_name* text, *lsn* pg_lsn) → void Устанавливает положение репликации для заданного узла в указанную позицию. Это в основном полезно для установки начальной позиции или новой позиции после изменения конфигурации и подобных действий. Но учтите, что неосторожное использование этой функции может привести к несогласованности реплицированных данных.
pg_replication_origin_progress (*node_name* text, *flush* boolean) → pg_lsn Выдаёт позицию воспроизведения для заданного источника репликации. Параметр *flush* определяет, будет ли гарантироваться сохранение локальной транзакции на диске.
pg_logical_emit_message (*transactional* boolean, *prefix* text, *content* text) → pg_lsn pg_logical_emit_message (*transactional* boolean, *prefix* text, *content* bytea) → pg_lsn Генерирует сообщение логического декодирования. Её можно использовать для передачи через WAL произвольных сообщений модулям логического декодирования. Параметр *transactional* определяет, должно ли сообщение относиться к текущей транзакции или оно должно записываться немедленно и декодироваться сразу, как только эта запись будет прочитана при логическом декодировании. Параметр *prefix* задаёт текстовый префикс, по которому модуль логического декодирования может легко распознать интересующие именно его сообщения. В параметре *content* передаётся содержимое сообщения, в текстовом или двоичном виде.

9.27.7. Функции управления объектами баз данных

Функции, показанные в Таблице 9.90, вычисляют объём, который занимают на диске объекты базы данных, и помогают представить полученные результаты. Все эти функции выдают размеры в байтах. Если им передаётся OID, не соответствующий существующему объекту, они возвращают NULL.

Таблица 9.90. Функции получения размера объектов БД

Функция Описание
pg_column_size ("any") → integer

Функция Описание
Показывает, сколько байт занимает при хранении отдельное значение. Если эта функция применяется непосредственно к значению в столбце таблицы, в результате отражается эффект возможного сжатия.

`pg_database_size ( name ) → bigint`
`pg_database_size ( oid ) → bigint`
Вычисляет общий объём, который занимает на диске база данных с указанным именем или OID. Для использования этой функции необходимо иметь право `CONNECT` для заданной базы (оно даётся по умолчанию) или быть членом роли `pg_read_all_stats`.

`pg_indexes_size ( regclass ) → bigint` Вычисляет общий объём, который занимают на диске индексы, связанные с указанной таблицей.
`pg_relation_size ( relation regclass [, fork text] ) → bigint` Вычисляет объём, который занимает на диске один «слой» заданного отношения. (Заметьте, что в большинстве случаев удобнее использовать более высокоуровневые функции `pg_total_relation_size` и `pg_table_size`, которые суммируют размер всех слоёв.) С одним аргументом она выдаёт размер основного слоя с данными отношения. Название другого интересующего слоя можно передать во втором аргументе: • `main` выдаёт размер основного слоя данных заданного отношения. • `fsm` выдаёт размер карты свободного места (см. Раздел 69.3), связанной с заданным отношением. • `vm` выдаёт размер карты видимости (см. Раздел 69.4), связанной с заданным отношением. • `init` выдаёт размер слоя инициализации для заданного отношения, если он имеется.
`pg_size_bytes ( text ) → bigint` Преобразует размер в человеко-ориентированном формате (который выдаёт `pg_size_pretty`) в число байт.

`pg_size_pretty ( bigint ) → text`
`pg_size_pretty ( numeric ) → text`
Преобразует размер в байтах в более понятный человеку формат с единицами измерения размера (bytes, kB, MB, GB или TB, в зависимости от значения). Заметьте, что эти единицы определяются как степени 2, а не 10, так что 1kB — это 1024 байта, 1MB — 1024^2 = 1048576 байт и т. д.

`pg_table_size ( regclass ) → bigint` Вычисляет объём, который занимает на диске данная таблица, за исключением индексов (но включая её TOAST-таблицу (если она есть), карту свободного места и карту видимости).

`pg_tablespace_size ( name ) → bigint`
`pg_tablespace_size ( oid ) → bigint`
Вычисляет общий объём, который занимает на диске табличное пространство с заданным именем или OID. Для использования этой функции требуется иметь право `CREATE` для указанного табличного пространства или быть членом роли `pg_read_all_stats`, если только это не табличное пространство по умолчанию для текущей базы данных.

`pg_total_relation_size ( regclass ) → bigint` Вычисляет общий объём, который занимает на диске заданная таблица, включая все её индексы и данные TOAST. Результат этой функции равен значению `pg_table_size + pg_indexes_size`.

Вышеописанные функции, работающие с таблицами или индексами, принимают аргумент типа `regclass`, который представляет собой просто OID таблицы или индекса в системном каталоге pg_class. Однако вам не нужно вручную вычислять OID, так как процедура ввода значения regclass может сделать это за вас. Для этого достаточно записать имя таблицы в апострофах, как обычную текстовую константу. В соответствии с правилами обработки обычных имён SQL, если имя таблицы не заключено в кавычки, эта строка будет переведена в нижний регистр.

Функции, перечисленные в Таблице 9.91, помогают определить, в каких файлах на диске хранятся объекты базы данных.

Таблица 9.91. Функции определения расположения объектов

Функция Описание
pg_relation_filenode (*relation* regclass) → oid Выдаёт номер «файлового узла», связанного с заданным объектом. Файловым узлом называется основной компонент имени файла, используемого для хранения данных (подробнее это описано в Разделе 69.1). Для большинства отношений этот номер совпадает со значением pg_class .relfilenode, но для некоторых системных каталогов relfilenode равен 0, и нужно использовать эту функцию, чтобы узнать действительное значение. Если указанное отношение не хранится на диске, как например представление, данная функция возвращает NULL.
pg_relation_filepath (*relation* regclass) → text Выдаёт полный путь к файлу отношения (относительно каталога данных PGDATA).
pg_filenode_relation (*tablespace* oid, *filenode* oid) → regclass Выдаёт OID отношения, которое хранится в табличном пространстве, заданном по OID, в указанном файловом узле. По сути эта функция является обратной к pg_relation_filepath . Для табличного пространства по умолчанию можно передать нулевое значение OID. Если эта функция не находит в базе данных отношение по заданным значениям, она выдаёт NULL.

В Таблица 9.92 перечислены функции, предназначенные для управления правилами сортировки.

Таблица 9.92. Функции управления правилами сортировки

Функция Описание
pg_collation_actual_version (oid) → text Возвращает действующую версию объекта правила сортировки, которая в настоящее время установлена в операционной системе. Если она отличается от значения в pg_collation .collversion, может потребоваться перестроить объекты, зависящие от данного правила сортировки. См. также ALTER COLLATION.
pg_import_system_collations (*schema* regnamespace) → integer Добавляет правила сортировки в системный каталог pg_collation , анализируя все локали, которые она находит в операционной системе. Эту информацию использует initdb; за подробностями обратитесь к Подразделу 23.2.2. Если позднее в систему устанавливаются дополнительные локали, эту функцию можно запустить снова, чтобы добавились правила сортировки для новых локалей. Локали, для которых обнаруживаются существующие записи в pg_collation , будут пропущены. (Объекты правил сортировки для локалей, которые перестают существовать в операционной системе, никогда не удаляются этой функцией.) В параметре *schema* обычно передаётся pg_catalog , но это не обязательно; правила сортировки могут быть установлены и в другую схему. Эта функция возвращает число созданных ей объектов правил сортировки; вызывать её разрешено только суперпользователям.

В Таблице 9.93 перечислены функции, предоставляющие информацию о структуре секционированных таблиц.

Таблица 9.93. Функции получения информации о секционировании

Функция Описание
`pg_partition_tree` (`regclass`) → `setof record` (*`relid`* `regclass`, *`parentrelid`* `regclass`, *`isleaf`* `boolean`, *`level`* `integer`) Выводит информацию о таблицах и индексах в дереве секционирования для заданной секционированной таблицы или секционированного индекса, отражая каждую секцию в отдельной строке. В этой информации представляется OID секции, OID её непосредственного родителя, логический признак того, что секция является конечной, и целое число, показывающее её уровень в иерархии. На уровне 0 будет находится указанная таблица или индекс, на уровне 1 непосредственные потомки-секции, на уровне 2 секции последних и т. д. Если заданное отношение не существует или не является секцией или секционированным отношением, эта функция выдаёт пустой результат.
`pg_partition_ancestors` (`regclass`) → `setof regclass` Выводит список вышестоящих отношений для заданной секции, включая её саму. Если заданное отношение не существует или не является секцией или секционированным отношением, эта функция выдаёт пустой результат.
`pg_partition_root` (`regclass`) → `regclass` Выдаёт самое верхнее отношение в дереве секционирования, к которому относится заданное отношение. Если заданное отношение не существует или не является секцией или секционированным отношением, эта функция выдаёт `NULL`.

Например, чтобы определить общий размер данных, содержащихся в секционированной таблице `measurement`, можно использовать следующий запрос:

```
SELECT pg_size_pretty(sum(pg_relation_size(relid))) AS total_size
  FROM pg_partition_tree('measurement');
```

9.27.8. Функции обслуживания индексов

В Таблице 9.94 перечислены функции, предназначенные для обслуживания индексов. (Заметьте, что задачи обслуживания обычно выполняются автоматически в ходе автоочистки; пользоваться данными функциями требуется только в особых случаях.) Выполнять эти функции во время восстановления нельзя. Использовать их разрешено только суперпользователям и владельцу определённого индекса.

Таблица 9.94. Функции обслуживания индексов

Функция Описание
`brin_summarize_new_values` (*`index`* `regclass`) → `integer` Сканирует указанный BRIN-индекс в поисках зон страниц в базовой таблице, ещё не обобщённых в индексе; для каждой такой зоны в результате сканирования этих страниц создаётся новый обобщающий кортеж в индексе. Возвращает эта функция число вставленных в индекс обобщающих записей о зонах страниц.
`brin_summarize_range` (*`index`* `regclass`, *`blockNumber`* `bigint`) → `integer` Обобщает зону страниц, охватывающую данный блок, если она ещё не была обобщена. Эта функция подобна `brin_summarize_new_values`, но обрабатывает только одну выбранную зону страниц.
`brin_desummarize_range` (*`index`* `regclass`, *`blockNumber`* `bigint`) → `void` Удаляет из BRIN-индекса кортеж, который обобщает зону страниц, охватывающую данный блок таблицы, если такой кортеж имеется.
`gin_clean_pending_list` (*`index`* `regclass`) → `bigint` Очищает очередь указанного GIN-индекса, массово перемещая элементы из неё в основную структуру данных GIN, и возвращает число страниц, убранных из очереди. Ес-

Функция Описание
ли для обработки ей передаётся индекс GIN, построенный с отключённым параметром `fastupdate`, очистка не производится и возвращается 0, так как у такого индекса нет очереди записей. Подробнее об очереди записей и параметре `fastupdate` рассказывается в Подразделе 66.4.1 и Разделе 66.5.

9.27.9. Функции для работы с обычными файлами

Функции, перечисленные в Таблице 9.95, предоставляют прямой доступ к файлам, находящимся на сервере. Обычным пользователям, не включённым в роль `pg_read_server_files`, они позволяют обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных и в каталоге `log_directory`. Для файлов в каталоге кластера этим функциям передаётся относительный путь, а для файлов журнала — путь, соответствующий значению параметра `log_directory`.

Заметьте, что пользователи, обладающие правом EXECUTE для `pg_read_file()` или связанных функций, имеют возможность читать любой файл на сервере, который может прочитать серверный процесс; на эти функции не действуют никакие ограничения доступа внутри базы данных. В частности это означает, что пользователь с такими правами может прочитать содержимое таблицы `pg_authid`, в которой хранятся данные аутентификации, равно как и любой другой файл в базе данных. Таким образом, разрешать доступ к этим функциям следует с большой осторожностью.

Некоторые из этих функций принимают необязательный параметр *`missing_ok`*, который определяет их поведение в случае отсутствия файла или каталога. Если он равен `true`, функция возвращает `NULL` или пустой набор данных. Если же он равен `false`, в указанном случае выдаётся ошибка. Значение по умолчанию — `false`.

Таблица 9.95. Функции для работы с обычными файлами

Функция Описание
`pg_ls_dir` (*`dirname`* `text` [, *`missing_ok`* `boolean`, *`include_dot_dirs`* `boolean`]) → `setof text` Выдаёт имена всех файлов (а также каталогов и других специальных файлов) в заданном каталоге. Параметр *`include_dot_dirs`* определяет, будут ли в результирующий набор включаться каталоги «.» и «..». По умолчанию они не включаются, но их можно включить, чтобы с параметром *`missing_ok`* равным `true`, пустой каталог можно было отличить от несуществующего. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
`pg_ls_logdir` () → `setof record` (*`name`* `text`, *`size`* `bigint`, *`modification`* `timestamp with time zone`) Выводит имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех обычных файлов в каталоге журналов сервера. Файлы с именами, начинающимися с точки, каталоги и другие специальные файлы исключаются из рассмотрения. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи и члены группы `pg_monitor`, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
`pg_ls_waldir` () → `setof record` (*`name`* `text`, *`size`* `bigint`, *`modification`* `timestamp with time zone`) Выводит имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех обычных файлов в каталоге журнала предзаписи (WAL) сервера. Файлы с именами, начинающимися с точки, каталоги и другие специальные файлы исключаются из рассмотрения. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи и члены группы `pg_monitor`, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.

Функция Описание
pg_ls_archive_statusdir () → setof record (*name* text, *size* bigint, *modification* timestamp with time zone) Выводит имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех обычных файлов в каталоге состояния архива WAL (pg_wal/archive_status). Файлы с именами, начинающимися с точки, каталоги и другие специальные файлы исключаются из рассмотрения. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи и члены группы pg_monitor , но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_ls_tmpdir ([*tablespace* oid]) → setof record (*name* text, *size* bigint, *modification* timestamp with time zone) Выводит имя, размер и время последнего изменения (mtime) всех обычных файлов во временном каталоге для табличного пространства *tablespace*. Если параметр *tablespace* не задан, подразумевается табличное пространство pg_default . Файлы с именами, начинающимися с точки, каталоги и другие специальные файлы исключаются из рассмотрения. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи и члены группы pg_monitor , но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_read_file (*filename* text [, *offset* bigint, *length* bigint [, *missing_ok* boolean]]) → text Читает из текстового файла всё содержимое или фрагмент с заданного смещения (*offset*), размером не больше *length* байт (размер может быть меньше, если файл кончится раньше). Если смещение *offset* отрицательно, оно отсчитывается от конца файла. Если параметры *offset* и *length* опущены, возвращается всё содержимое файла. Прочитанные из файла байты обрабатываются как символы в кодировке базы данных; если они оказываются недопустимыми для этой кодировки, возникает ошибка. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_read_binary_file (*filename* text [, *offset* bigint, *length* bigint [, *missing_ok* boolean]]) → bytea Читает из текстового файла всё содержимое или заданный фрагмент. Эта функция подобна pg_read_file , но может читать произвольные двоичные данные и возвращает результат в значении типа bytea, а не text; как следствие, никакие проверки кодировок не производятся. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям. В сочетании с convert_from эту функцию можно применять для чтения текста в указанной кодировке и преобразования в кодировку базы данных: `SELECT convert_from(pg_read_binary_file('file_in_utf8.txt'), 'UTF8');`
pg_stat_file (*filename* text [, *missing_ok* boolean]) → record (*size* bigint, *access* timestamp with time zone, *modification* timestamp with time zone, *change* timestamp with time zone, *creation* timestamp with time zone, *isdir* boolean) Выдаёт запись, содержащую размер файла, время последнего обращения и последнего изменения, а также время последнего изменения состояния (только в Unix-системах), время создания (только в Windows) и флаг, показывающий, что это каталог. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.

9.27.10. Функции управления рекомендательными блокировками

Функции, перечисленные в Таблице 9.96, предназначены для управления рекомендательными блокировками. Подробнее об их использовании можно узнать в Подразделе 13.3.5.

Все эти функции предназначены для оперирования блокировками ресурсов, определяемых приложением и задаваемых одним 64-битным или двумя 32-битными ключами (заметьте, что пространства этих ключей не пересекаются). Если конфликтующую блокировку с тем же идентификатором уже удерживает другой сеанс, эти функции либо дожидаются освобождения ресурса, либо выдают в результате `false`, в зависимости от вида функции. Блокировки могут быть как исключительными, так и разделяемыми — разделяемая блокировка не конфликтует с другими разделяемыми блокировками того же ресурса, но конфликтует с исключительными. Блокировки могут устанавливаться на сеансовом уровне (тогда они удерживаются до момента освобождения или до завершения сеанса) и на транзакционном (тогда они удерживаются до конца текущей транзакции, освободить их вручную нет возможности). Когда поступает несколько запросов на блокировку сеансового уровня, они накапливаются, так что если один идентификатор ресурса был заблокирован три раза, должны поступить три запроса на освобождение блокировки, чтобы ресурс был разблокирован до завершения сеанса.

Таблица 9.96. Функции управления рекомендательными блокировками

Функция **Описание**

`pg_advisory_lock` (*key* `bigint`) → `void`
`pg_advisory_lock` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `void`
Получает исключительную рекомендательную блокировку сеансового уровня, ожидая её, если это необходимо.

`pg_advisory_lock_shared` (*key* `bigint`) → `void`
`pg_advisory_lock_shared` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `void`
Получает разделяемую рекомендательную блокировку сеансового уровня, ожидая её, если это необходимо.

`pg_advisory_unlock` (*key* `bigint`) → `boolean`
`pg_advisory_unlock` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`
Освобождает ранее полученную исключительную рекомендательную блокировку сеансового уровня. Если блокировка освобождена успешно, эта функция возвращает `true`, а если сеанс не владел ей — `false`, при этом сервер выдаёт предупреждение SQL.

`pg_advisory_unlock_all` () → `void` Освобождает все закреплённые за текущим сеансом рекомендательные блокировки сеансового уровня. (Эта функция неявно вызывается в конце любого сеанса, даже при нештатном отключении клиента.)

`pg_advisory_unlock_shared` (*key* `bigint`) → `boolean`
`pg_advisory_unlock_shared` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`
Освобождает ранее полученную разделяемую рекомендательную блокировку сеансового уровня. Если она освобождена успешно, эта функция возвращает `true`, а если сеанс не владел этой блокировкой — `false`, при этом сервер выдаёт предупреждение SQL.

`pg_advisory_xact_lock` (*key* `bigint`) → `void`
`pg_advisory_xact_lock` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `void`
Получает исключительную рекомендательную блокировку транзакционного уровня, ожидая её, если это необходимо.

`pg_advisory_xact_lock_shared` (*key* `bigint`) → `void`
`pg_advisory_xact_lock_shared` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `void`
Получает разделяемую рекомендательную блокировку транзакционного уровня, ожидая её, если это необходимо.

`pg_try_advisory_lock` (*key* `bigint`) → `boolean` `pg_try_advisory_lock` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`

Функция Описание
Получает исключительную рекомендательную блокировку сеансового уровня, если она доступна. То есть эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает `true`, либо сразу возвращает `false`, если получить её нельзя.

`pg_try_advisory_lock_shared` (*key* `bigint`) → `boolean`
`pg_try_advisory_lock_shared` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`
Получает разделяемую рекомендательную блокировку сеансового уровня, если она доступна. То есть эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает `true`, либо сразу возвращает `false`, если получить её нельзя.

`pg_try_advisory_xact_lock` (*key* `bigint`) → `boolean`
`pg_try_advisory_xact_lock` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`
Получает исключительную рекомендательную блокировку транзакционного уровня, если она доступна. То есть эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает `true`, либо сразу возвращает `false`, если получить её нельзя.

`pg_try_advisory_xact_lock_shared` (*key* `bigint`) → `boolean`
`pg_try_advisory_xact_lock_shared` (*key1* `integer`, *key2* `integer`) → `boolean`
Получает разделяемую рекомендательную блокировку транзакционного уровня, если она доступна. То есть эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает `true`, либо сразу возвращает `false`, если получить её нельзя.

9.28. Триггерные функции

Тогда как в большинстве случаев использование триггеров подразумевает написание пользовательских триггерных функций, в PostgreSQL имеется несколько встроенных триггерных функций, которые можно использовать непосредственно в пользовательских триггерах. Эти функции показаны в Таблице 9.97. (Существуют и другие встроенные триггерные функции, реализующие ограничения внешнего ключа и отложенные ограничения по индексам. Однако они не документированы, так как пользователям не нужно использовать их непосредственно.)

Подробнее о создании триггеров можно узнать в описании CREATE TRIGGER.

Таблица 9.97. Встроенные триггерные функции

Функция Описание Пример использования

`suppress_redundant_updates_trigger` ( ) → `trigger`
Предотвращает изменения, не меняющие данные. Подробнее об этом рассказывается ниже.
`CREATE TRIGGER ... suppress_redundant_updates_trigger()`

`tsvector_update_trigger` ( ) → `trigger`
Автоматически обновляет содержимое столбца `tsvector` из связанных столбцов с обычным текстовым содержимым. Конфигурация текстового поиска, которая будет использоваться, задаётся по имени в аргументе триггера. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.4.3.
`CREATE TRIGGER ... tsvector_update_trigger(tsvcol, 'pg_catalog.swedish', title, body)`

`tsvector_update_trigger_column` ( ) → `trigger` Автоматически обновляет содержимое столбца `tsvector` из связанных столбцов с обычным текстовым содержимым. Конфигурация текстового поиска, которая будет использоваться, определяется содержимым столбца `regconfig` целевой таблицы. За подробностями обратитесь к Подразделу 12.4.3.

Функция Описание Пример использования
`CREATE TRIGGER ... tsvector_update_trigger_column(tsvcol, tsconfigcol, title, body)`

Функция `suppress_redundant_updates_trigger`, применяемая в качестве триггера `BEFORE UPDATE` на уровне строк, предотвратит внесение изменений, при которых данные в строке фактически не меняются. Тем самым переопределяется обычное поведение, когда изменение физической строки происходит вне зависимости от того, были ли изменены данные. (Обычное поведение не предполагает сравнения данных, поэтому операции изменения выполняются быстрее, и в ряде случаев именно это поведение желательно.)

В идеале следует избегать операций изменения, которые фактически не меняют данные в записях. Подобные ненужные изменения могут обходиться дорого, особенно когда требуется обновлять множество индексов, к тому же впоследствии базу данных придётся очищать от «мёртвых» строк. Однако выявить такие изменения в клиентском коде бывает сложно, если вообще возможно, а при составлении соответствующих проверочных выражений легко допустить ошибку. В качестве альтернативного решения можно использовать функцию `suppress_redundant_updates_trigger`, которая опускает изменения, не меняющие данные. Однако использовать её следует с осторожностью. Данный триггер выполняется для каждой записи довольно быстро, но всё же не мгновенно, так что если большинство затронутых записей фактически изменяется, с этим триггером операция изменения в среднем замедлится.

Функцию `suppress_redundant_updates_trigger` можно привязать к таблице так:

```
CREATE TRIGGER z_min_update
BEFORE UPDATE ON tablename
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION suppress_redundant_updates_trigger();
```

В большинстве случаев этот триггер должен вызываться для каждой строки последним, чтобы он не перекрыл другие триггеры, которым может понадобиться изменить строку. С учётом того, что триггеры вызываются по порядку сортировки их имён, имя для него нужно выбирать таким, чтобы оно было последним среди имён всех триггеров, которые могут быть в таблице. (Из этого соображения выбран префикс «z» в данном примере.)

9.29. Функции событийных триггеров

PostgreSQL предоставляет следующие вспомогательные функции для получения информации в событийных триггерах.

Подробнее о событийных триггерах можно узнать в Главе 39.

9.29.1. Получение изменений в конце команды

`pg_event_trigger_ddl_commands () → setof record`

Функция `pg_event_trigger_ddl_commands` возвращает список команд DDL, выполняемых в результате действия пользователя. Вызывать её можно только в функции, реализующей событийный триггер `ddl_command_end`. При попытке вызвать её в любом другом контексте возникнет ошибка. Функция `pg_event_trigger_ddl_commands` возвращает одну строку для каждой базовой команды; для некоторых команд, записываемых в виде одного предложения SQL, может возвращаться несколько строк. Эта функция возвращает следующие столбцы:

Имя	Тип	Описание
`classid`	`oid`	OID каталога, к которому относится объект
`objid`	`oid`	OID самого объекта
`objsubid`	`integer`	Идентификатор подобъекта (например, номер для столбца)

Имя	Тип	Описание
command_tag	text	Тег команды
object_type	text	Тип объекта
schema_name	text	Имя схемы, к которой относится объект; если объект не относится ни к какой схеме — NULL. В кавычки имя не заключается.
object_identity	text	Текстовое представление идентификатора объекта, включающее схему. При необходимости компоненты этого идентификатора заключаются в кавычки.
in_extension	boolean	True, если команда является частью скрипта расширения
command	pg_ddl_command	Полное представление команды, во внутреннем формате. Его нельзя вывести непосредственно, но можно передать другим функциям, чтобы получить различные сведения о команде.

9.29.2. Обработка объектов, удалённых командой DDL

`pg_event_trigger_dropped_objects () → setof record`

Функция `pg_event_trigger_dropped_objects` выдаёт список всех объектов, удалённых командой, для которых вызывалось событие `sql_drop`. При вызове в любом другом контексте происходит ошибка. Эта функция выдаёт следующие столбцы:

Имя	Тип	Описание
classid	oid	OID каталога, к которому относился объект
objid	oid	OID самого объекта
objsubid	integer	Идентификатор подобъекта (например, номер для столбца)
original	boolean	True, если это один из корневых удаляемых объектов
normal	boolean	True, если к этому объекту в графе зависимостей привело отношение обычной зависимости
is_temporary	boolean	True, если объект был временным
object_type	text	Тип объекта
schema_name	text	Имя схемы, к которой относился объект; если объект не относился ни к какой схеме — NULL. В кавычки имя не заключается.
object_name	text	Имя объекта, если сочетание схемы и имени позволяет уни-

Имя	Тип	Описание
		кально идентифицировать объект; в противном случае — NULL. Имя не заключается в кавычки и не дополняется именем схемы.
object_identity	text	Текстовое представление идентификатора объекта, включающее схему. При необходимости компоненты этого идентификатора заключаются в кавычки.
address_names	text[]	Массив, который в сочетании с object_type и массивом address_args можно передать функции pg_get_object_address, чтобы воссоздать адрес объекта на удалённом сервере, содержащем одноимённый объект того же рода.
address_args	text[]	Дополнение к массиву address_names

Функцию pg_event_trigger_dropped_objects можно использовать в событийном триггере так:

```
CREATE FUNCTION test_event_trigger_for_drops()
        RETURNS event_trigger LANGUAGE plpgsql AS $$
DECLARE
    obj record;
BEGIN
    FOR obj IN SELECT * FROM pg_event_trigger_dropped_objects()
    LOOP
        RAISE NOTICE '% dropped object: % %.% %',
                     tg_tag,
                     obj.object_type,
                     obj.schema_name,
                     obj.object_name,
                     obj.object_identity;
    END LOOP;
END;
$$;
CREATE EVENT TRIGGER test_event_trigger_for_drops
   ON sql_drop
   EXECUTE FUNCTION test_event_trigger_for_drops();
```

9.29.3. Обработка события перезаписи таблицы

В Таблице 9.98 показаны функции, выдающие информацию о таблице, для которой произошло событие перезаписи таблицы (table_rewrite). При попытке вызвать их в другом контексте возникнет ошибка.

Таблица 9.98. Функции получения информации о перезаписи таблицы

Функция Описание
pg_event_trigger_table_rewrite_oid () → oid Выдаёт OID таблицы, которая будет перезаписана.
pg_event_trigger_table_rewrite_reason () → integer

Функция Описание
Возвращает код с объяснением причины(причин) перезаписи в виде битовой карты, построенной из следующих значений: 1 (в таблице изменилась характеристика хранения отношений), 2 (в столбце изменилось значение по умолчанию) и 4 (у столбца изменился тип данных).

Эти функции можно использовать в событийном триггере так:

```
CREATE FUNCTION test_event_trigger_table_rewrite_oid()
 RETURNS event_trigger
 LANGUAGE plpgsql AS
$$
BEGIN
  RAISE NOTICE 'rewriting table % for reason %',
                pg_event_trigger_table_rewrite_oid()::regclass,
                pg_event_trigger_table_rewrite_reason();
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER test_table_rewrite_oid
                  ON table_rewrite
   EXECUTE FUNCTION test_event_trigger_table_rewrite_oid();
```

9.30. Системные информационные функции

PostgreSQL предоставляет функцию для исследования сложной статистики, создаваемой командой CREATE STATISTICS.

9.30.1. Исследование списков MCV

pg_mcv_list_items (pg_mcv_list) → setof record

Функция pg_mcv_list_items возвращает набор записей, описывающих все элементы в многоколоночном списке MCV. Эти записи имеют следующие столбцы:

Имя	Тип	Описание
index	integer	индекс элемента в списке MCV
values	text[]	значения, сохранённые в элементе списка MCV
nulls	boolean[]	флаги, помечающие значения NULL
frequency	double precision	частота вхождения этого элемента MCV
base_frequency	double precision	базовая частота вхождения этого элемента MCV

Использовать функцию pg_mcv_list_items можно следующим образом:

```
SELECT m.* FROM pg_statistic_ext join pg_statistic_ext_data on (oid = stxoid),
                pg_mcv_list_items(stxdmcv) m WHERE stxname = 'stts';
```

Значения типа pg_mcv_list можно получить только из столбца pg_statistic_ext_data.stxdmcv.

Глава 10. Преобразование типов

SQL-операторы, намеренно или нет, требуют совмещать данные разных типов в одном выражении. Для вычисления подобных выражений со смешанными типами PostgreSQL предоставляет широкий набор возможностей.

Очень часто пользователю не нужно понимать все тонкости механизма преобразования. Однако следует учитывать, что неявные преобразования, производимые PostgreSQL, могут влиять на результат запроса. Поэтому при необходимости нужные результаты можно получить, применив *явное* преобразование типов.

В этой главе описываются общие механизмы преобразования типов и соглашения, принятые в PostgreSQL. За дополнительной информацией о конкретных типах данных и разрешённых для них функциях и операторах обратитесь к соответствующим разделам в Главе 8 и Главе 9.

10.1. Обзор

SQL — язык со строгой типизацией. То есть каждый элемент данных в нём имеет некоторый тип, определяющий его поведение и допустимое использование. PostgreSQL наделён расширяемой системой типов, более универсальной и гибкой по сравнению с другими реализациями SQL. При этом преобразования типов в PostgreSQL в основном подчиняются определённым общим правилам, для их понимания не нужен *эвристический* анализ. Благодаря этому в выражениях со смешанными типами можно использовать даже типы, определённые пользователями.

Анализатор выражений PostgreSQL разделяет их лексические элементы на пять основных категорий: целые числа, другие числовые значения, текстовые строки, идентификаторы и ключевые слова. Константы большинства не числовых типов сначала классифицируются как строки. В определении языка SQL допускается указывать имена типов в строках и это можно использовать в PostgreSQL, чтобы направить анализатор по верному пути. Например, запрос:

```
SELECT text 'Origin' AS "label", point '(0,0)' AS "value";

 label  | value
--------+-------
 Origin | (0,0)
(1 row)
```

содержит две строковых константы, типа `text` и типа `point`. Если для такой константы не указан тип, для неё первоначально предполагается тип `unknown`, который затем может быть уточнён, как описано ниже.

В SQL есть четыре фундаментальных фактора, определяющих правила преобразования типов для анализатора выражений PostgreSQL:

Вызовы функций

: Система типов PostgreSQL во многом построена как дополнение к богатым возможностям функций. Функции могут иметь один или несколько аргументов, и при этом PostgreSQL разрешает перегружать имена функций, так что имя функции само по себе не идентифицирует вызываемую функцию; анализатор выбирает правильную функцию в зависимости от типов переданных аргументов.

Операторы

: PostgreSQL позволяет использовать в выражениях префиксные и постфиксные операторы с одним аргументом, а также операторы с двумя аргументами. Как и функции, операторы можно перегружать, так что и с ними существует проблема выбора правильного оператора.

Сохранение значений

: SQL-операторы `INSERT` и `UPDATE` помещают результаты выражений в таблицы. При этом получаемые значения должны соответствовать типам целевых столбцов или, возможно, приводиться к ним.

UNION, CASE и связанные конструкции

Так как все результаты запроса объединяющего оператора SELECT должны оказаться в одном наборе столбцов, результаты каждого подзапроса SELECT должны приводиться к одному набору типов. Подобным образом, результирующие выражения конструкции CASE должны приводиться к общему типу, так как выражение CASE в целом должно иметь определённый выходной тип. Подобное определение общего типа для значений нескольких подвыражений требуется и для некоторых других конструкций, например ARRAY[], а также для функций GREATEST и LEAST.

Информация о существующих преобразованиях или *приведениях* типов, для каких типов они определены и как их выполнять, хранится в системных каталогах. Пользователь также может добавить дополнительные преобразования с помощью команды CREATE CAST. (Обычно это делается, когда определяются новые типы данных. Набор приведений для встроенных типов достаточно хорошо проработан, так что его лучше не менять.)

Дополнительная логика анализа помогает выбрать оптимальное приведение в группах типов, допускающих неявные преобразования. Для этого типы данных разделяются на несколько базовых *категорий*, которые включают: boolean, numeric, string, bitstring, datetime, timespan, geometric, network и пользовательские типы. (Полный список категорий приведён в Таблице 51.63; хотя его тоже можно расширить, определив свои категории.) В каждой категории могут быть выбраны один или несколько *предпочитаемых типов*, которые будут считаться наиболее подходящими при рассмотрении нескольких вариантов. Аккуратно выбирая предпочитаемые типы и допустимые неявные преобразования, можно добиться того, что выражения с неоднозначностями (в которых возможны разные решения задачи преобразования) будут разрешаться наилучшим образом.

Все правила преобразования типов разработаны с учётом следующих принципов:

- Результат неявных преобразованиях всегда должен быть предсказуемым и понятным.
- Если в неявном преобразовании нет нужды, анализатор и исполнитель запроса не должны тратить лишнее время на это. То есть, если запрос хорошо сформулирован и типы значений совпадают, он должен выполняться без дополнительной обработки в анализаторе и без лишних вызовов неявных преобразований.
- Кроме того, если запрос изначально требовал неявного преобразования для функции, а пользователь определил новую функцию с точно совпадающими типами аргументов, анализатор должен переключиться на новую функцию и больше не выполнять преобразование для вызова старой.

10.2. Операторы

При выборе конкретного оператора, задействованного в выражении, PostgreSQL следует описанному ниже алгоритму. Заметьте, что на этот выбор могут неявно влиять приоритеты остальных операторов в данном выражении, так как они определяют, какие подвыражения будут аргументами операторов. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 4.1.6.

Выбор оператора по типу

1. Выбрать операторы для рассмотрения из системного каталога pg_operator. Если имя оператора не дополнено именем схемы (обычно это так), будут рассматриваться все операторы с подходящим именем и числом аргументов, видимые в текущем пути поиска (см. Подраздел 5.9.3). Если имя оператора определено полностью, в рассмотрение принимаются только операторы из указанной схемы.

   - (Optional) Если в пути поиска оказывается несколько операторов с одинаковыми типами аргументов, учитываются только те из них, которые находятся в пути раньше. Операторы с разными типами аргументов рассматриваются на равных правах вне зависимости от их положения в пути поиска.

2. Проверить, нет ли среди них оператора с точно совпадающими типами аргументов. Если такой оператор есть (он может быть только одним в отобранном ранее наборе), использовать его. Отсутствие точного совпадения создаёт угрозу вызова с указанием полного имени [1] (нетипичным) любого оператора, который может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. В таких ситуациях приведите типы аргументов для получения точного совпадения.

   a. (Optional) Если один аргумент при вызове бинарного оператора имеет тип `unknown`, для данной проверки предполагается, что он имеет тот же тип, что и второй его аргумент. При вызове бинарного оператора с двумя аргументами `unknown` или унарного с одним `unknown` оператор не будет выбран на этом шаге.

   b. (Optional) Если один аргумент при вызове бинарного оператора имеет тип `unknown`, а другой — домен, проверить, есть ли оператор, принимающий базовый тип домена с обеих сторон; если таковой находится, использовать его.

3. Найти самый подходящий.

   a. Отбросить кандидатов, для которых входные типы не совпадают и не могут быть преобразованы (неявным образом) так, чтобы они совпали. В данном случае считается, что константы типа `unknown` можно преобразовать во что угодно. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   b. Если один из аргументов имеет тип домен, далее считать его типом базовый тип домена. Благодаря этому при поиске неоднозначно заданного оператора домены будут подобны свои базовым типам.

   c. Просмотреть всех кандидатов и оставить только тех, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить всех кандидатов, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   d. Просмотреть всех кандидатов и оставить только тех, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить всех кандидатов, если ни один не принимает предпочитаемые типы. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   e. Если какие-либо значения имеют тип `unknown`, проверить категории типов, принимаемых в данных позициях аргументов оставшимися кандидатами. Для каждой позиции выбрать категорию `string`, если какой-либо кандидат принимает эту категорию. (Эта склонность к строкам объясняется тем, что константа типа unknown выглядит как строка.) Если эта категория не подходит, но все оставшиеся кандидаты принимают одну категорию, выбрать её; в противном случае констатировать неудачу — сделать правильный выбор без дополнительных подсказок нельзя. Затем отбросить кандидатов, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидатов, принимающих другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить всех кандидатов, если эти проверки не прошёл ни один. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   f. Если в списке аргументов есть аргументы и типа `unknown`, и известного типа, и этот известный тип один для всех аргументов, предположить, что аргументы типа `unknown` также имеют этот тип, и проверить, какие кандидаты могут принимать этот тип в позиции аргумента `unknown`. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае констатировать неудачу.

Ниже это проиллюстрировано на примерах.

[1] Эта угроза неактуальна для имён без схемы, так как путь поиска, содержащий схемы, в которых недоверенные пользователи могут создавать объекты, не соответствует шаблону безопасного использования схем.

Пример 10.1. Разрешение типа для оператора квадратного корня

В стандартном каталоге определён только один оператор квадратного корня (префиксный `|/`) и он принимает аргумент типа `double precision`. При просмотре следующего выражения его аргументу изначально назначается тип `integer`:

```
SELECT |/ 40 AS "square root of 40";
 square root of 40
-------------------
 6.324555320336759
(1 row)
```

Поэтому анализатор преобразует тип этого операнда и запрос становится равносильным такому:

```
SELECT |/ CAST(40 AS double precision) AS "square root of 40";
```

Пример 10.2. Разрешение оператора конкатенации строк

Синтаксис текстовых строк используется как для записи строковых типов, так и для сложных типов расширений. Если тип не указан явно, такие строки сопоставляются по тому же алгоритму с наиболее подходящими операторами.

Пример с одним неопределённым аргументом:

```
SELECT text 'abc' || 'def' AS "text and unknown";

 text and unknown
------------------
 abcdef
(1 row)
```

В этом случае анализатор смотрит, есть ли оператор, у которого оба аргумента имеют тип `text`. Такой оператор находится, поэтому предполагается, что второй аргумент следует воспринимать как аргумент типа `text`.

Конкатенация двух значений неопределённых типов:

```
SELECT 'abc' || 'def' AS "unspecified";

 unspecified
-------------
 abcdef
(1 row)
```

В данном случае нет подсказки для выбора типа, так как в данном запросе никакие типы не указаны. Поэтому анализатор просматривает все возможные операторы и находит в них кандидатов, принимающих аргументы категорий string и bit-string. Так как категория string является предпочтительной, выбирается она, а затем для разрешения типа не типизированной константы выбирается предпочтительный тип этой категории, `text`.

Пример 10.3. Разрешение оператора абсолютного значения и отрицания

В каталоге операторов PostgreSQL для префиксного оператора `@` есть несколько записей, описывающих операции получения абсолютного значения для различных числовых типов данных. Одна из записей соответствует типу `float8`, предпочтительного в категории числовых типов. Таким образом, столкнувшись со значением типа `unknown`, PostgreSQL выберет эту запись:

```
SELECT @ '-4.5' AS "abs";
 abs
-----
 4.5
(1 row)
```

Здесь система неявно привела константу неизвестного типа к типу `float8`, прежде чем применять выбранный оператор. Можно убедиться в том, что выбран именно тип `float8`, а не какой-то другой:

```
SELECT @ '-4.5e500' AS "abs";

ОШИБКА:  "-4.5e500" вне диапазона для типа double precision
```

С другой стороны, префиксный оператор ~ (побитовое отрицание) определён только для целочисленных типов данных, но не для float8. Поэтому, если попытаться выполнить похожий запрос с ~, мы получаем:

```
SELECT ~ '20' AS "negation";

ОШИБКА: оператор не уникален: ~ "unknown"
ПОДСКАЗКА: Не удалось выбрать лучшую кандидатуру оператора. Возможно, вам следует
добавить явные преобразования типов.
```

Это происходит оттого, что система не может решить, какой оператор предпочесть из нескольких возможных вариантов ~. Мы можем облегчить её задачу, добавив явное преобразование:

```
SELECT ~ CAST('20' AS int8) AS "negation";

 negation
----------
      -21
(1 row)
```

Пример 10.4. Разрешение оператора включения в массив

Ещё один пример разрешения оператора с одним аргументом известного типа и другим неизвестного:

```
SELECT array[1,2] <@ '{1,2,3}' as "is subset";

 is subset
-----------
 t
(1 row)
```

В каталоге операторов PostgreSQL есть несколько записей для инфиксного оператора <@, но только два из них могут принять целочисленный массива слева: оператор включения массива (anyarray<@anyarray) и оператор включения диапазона (anyelement<@anyrange). Так как ни один из этих полиморфных псевдотипов (см. Раздел 8.21) не считается предпочтительным, анализатор не может избавиться от неоднозначности на данном этапе. Однако в Шаг 3.f говорится, что константа неизвестного типа должна рассматриваться как значение типа другого аргумента, в данном случае это целочисленный массив. После этого подходящим считается только один из двух операторов, так что выбирается оператор с целочисленными массивами. (Если бы был выбран оператор включения диапазона, мы получили бы ошибку, так как значение в строке не соответствует формату значений диапазона.)

Пример 10.5. Нестандартный оператор с доменом

Иногда пользователи пытаются ввести операторы, применимые только к определённому домену. Это возможно, но вовсе не так полезно, как может показаться, ведь правила разрешения операторов применяются к базовому типу домена. Взгляните на этот пример:

```
CREATE DOMAIN mytext AS text CHECK(...);
CREATE FUNCTION mytext_eq_text (mytext, text) RETURNS boolean AS ...;
CREATE OPERATOR = (procedure=mytext_eq_text, leftarg=mytext, rightarg=text);
CREATE TABLE mytable (val mytext);

SELECT * FROM mytable WHERE val = 'foo';
```

В этом запросе не будет использоваться нововведённый оператор. При разборе запроса сначала будет проверено, есть ли оператор mytext = mytext (см. Шаг 2.a), но это не так; затем будет рассмотрен базовый тип домена (text) и проверено наличие оператора text = text (см. Шаг 2.b), и таковой действительно есть; в итоге строковое значение типа unknown будет воспринято как text и будет применён оператор `text = text`. Единственный вариант задействовать нововведённый оператор — добавить явное приведение:

```
SELECT * FROM mytable WHERE val = text 'foo';
```

так, чтобы оператор `mytext = text` был найден сразу, согласно правилу точного совпадения. Если дело доходит до правил наибольшего соответствия, они активно дискредитируют операторы доменных типов. Если бы они этого не делали, с таким оператором возникало бы слишком много ошибок разрешения операторов, потому что правила приведения всегда считают домен приводимым к базовому типу и наоборот, так что доменный оператор применялся бы во всех случаях, где применяется одноимённый оператор с базовым типом.

10.3. Функции

При выборе конкретной функции, задействованной в выражении, PostgreSQL следует описанному ниже алгоритму.

Разрешение функции по типу

1. Выбрать функции для рассмотрения из системного каталога `pg_proc`. Если имя функции не дополнено именем схемы, будут рассматриваться все функции с подходящим именем и числом аргументов, видимые в текущем пути поиска (см. Подраздел 5.9.3). Если имя функции определено полностью, в рассмотрение принимаются только функции из указанной схемы.

    a. (Optional) Если в пути поиска оказывается несколько функций с одинаковыми типами аргументов, учитываются только те из них, которые находятся в пути раньше. Функции с разными типами аргументов рассматриваются на равных правах вне зависимости от их положения в пути поиска.

    b. (Optional) Если в числе параметров функции есть массив `VARIADIC` и при вызове не указывается ключевое слово `VARIADIC`, функция обрабатывается, как если бы этот параметр был заменён одним или несколькими параметрами типа элементов массива, по числу аргументов при вызове. После такого расширения по фактическим типам аргументов она может совпасть с некоторой функцией с постоянным числом аргументов. В этом случае используется функция, которая находится в пути раньше, а если они оказываются в одной схеме, предпочитается вариант с постоянными аргументами.

       Это создаёт угрозу безопасности при вызове с полным именем [2] функции с переменным числом аргументов, которая может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. Злонамеренный пользователь может перехватывать управление и выполнять произвольные SQL-функции, как будто их выполняете вы. Запись вызова с ключевым словом `VARIADIC` устраняет эту угрозу. Однако для вызовов с передачей параметров `VARIADIC "any"` часто не существует необходимой формулировки с ключом `VARIADIC`. Чтобы такие вызовы были безопасными, создание объектов в схеме функции должно разрешаться только доверенным пользователям.

    c. (Optional) Функции, для которых определены значения параметров по умолчанию, считаются совпадающими с вызовом, в котором опущено ноль или более параметров в соответствующих позициях. Если для вызова подходят несколько функций, используется та, что обнаруживается в пути поиска раньше. Если в одной схеме оказываются несколько функций с одинаковыми типами в позициях обязательных параметров (что возможно, если в них определены разные наборы пропускаемых параметров), система не сможет выбрать оптимальную, и выдаст ошибку «неоднозначный вызов функции», если лучшее соответствие для вызова не будет найдено.

       Это создаёт угрозу при вызове с полным именем [2] любой функции, которая может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. Злонамеренный пользователь может создать функцию с именем уже существующей, продублировав параметры исходной и добавив дополнительные со значениями по умолчанию. В результате при по-

[2] Эта угроза неактуальна для имён без схемы, так как путь поиска, содержащий схемы, в которых недоверенные пользователи могут создавать объекты, не соответствует шаблону безопасного использования схем.

следующих вызовах будет выполняться не исходная функция. Для ликвидации этой угрозы помещайте функции в схемы, в которых создавать объекты могут только доверенные объекты.

2. Проверить, нет ли функции, принимающей в точности типы входных аргументов. Если такая функция есть (она может быть только одной в отобранном ранее наборе), использовать её. Отсутствие точного совпадения создаёт угрозу вызова с полным именем [2] функции в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. В таких ситуациях приведите типы аргументов для получения точного соответствия. (В случаях с `unknown` совпадения на этом этапе не будет никогда.)

3. Если точное совпадение не найдено, проверить, не похож ли вызов функции на особую форму преобразования типов. Это имеет место, когда при вызове функции передаётся всего один аргумент и имя функции совпадает с именем (внутренним) некоторого типа данных. Более того, аргументом функции должна быть либо строка неопределённого типа, либо значение типа, двоично-совместимого с указанным или приводимого к нему с помощью функций ввода/вывода типа (то есть, преобразований в стандартный строковый тип и обратно). Если эти условия выполняются, вызов функции воспринимается как особая форма конструкции `CAST`. [3]

4. Найти самый подходящий.

   a. Отбросить кандидатов, для которых входные типы не совпадают и не могут быть преобразованы (неявным образом) так, чтобы они совпали. В данном случае считается, что константы типа `unknown` можно преобразовать во что угодно. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   b. Если один из аргументов имеет тип домен, далее считать его типом базовый тип домена. Благодаря этому при поиске неоднозначно заданной функции домены будут подобны свои базовым типам.

   c. Просмотреть всех кандидатов и оставить только тех, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить всех кандидатов, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   d. Просмотреть всех кандидатов и оставить только тех, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить всех кандидатов, если ни один не принимает предпочитаемые типы. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   e. Если какие-либо значения имеют тип `unknown`, проверить категории типов, принимаемых в данных позициях аргументов оставшимися кандидатами. Для каждой позиции выбрать категорию `string`, если какой-либо кандидат принимает эту категорию. (Эта склонность к строкам объясняется тем, что константа типа unknown выглядит как строка.) Если эта категория не подходит, но все оставшиеся кандидаты принимают одну категорию, выбрать её; в противном случае констатировать неудачу — сделать правильный выбор без дополнительных подсказок нельзя. Затем отбросить кандидатов, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидатов, принимающих другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить всех кандидатов, если эти проверки не прошёл ни один. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

   f. Если в списке аргументов есть аргументы и типа `unknown`, и известного типа, и этот известный тип один для всех аргументов, предположить, что аргументы типа `unknown` также имеют этот тип, и проверить, какие кандидаты могут принимать этот тип в позиции аргумента `unknown`. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае констатировать неудачу.

[3] Этот шаг нужен для поддержки приведений типов в стиле вызова функции, когда на самом деле соответствующей функции приведения нет. Если такая функция приведения есть, она обычно называется именем выходного типа и необходимости в особом подходе нет. За дополнительными комментариями обратитесь к CREATE CAST.

Заметьте, что для функций действуют те же правила «оптимального соответствия», что и для операторов. Они проиллюстрированы следующими примерами.

Пример 10.6. Разрешение функции округления по типам аргументов

В PostgreSQL есть только одна функция `round`, принимающая два аргумента: первый типа `numeric`, а второй — `integer`. Поэтому в следующем запросе первый аргумент `integer` автоматически приводится к типу `numeric`:

```
SELECT round(4, 4);

 round
--------
 4.0000
(1 row)
```

Таким образом, анализатор преобразует этот запрос в:

```
SELECT round(CAST (4 AS numeric), 4);
```

Так как числовые константы с десятичными точками изначально относятся к типу `numeric`, для следующего запроса преобразование типов не потребуется, так что он немного эффективнее:

```
SELECT round(4.0, 4);
```

Пример 10.7. Разрешение функций с переменными параметрами

```
CREATE FUNCTION public.variadic_example(VARIADIC numeric[]) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 1';
CREATE FUNCTION
```

Эта функция принимает в аргументах ключевое слово VARIADIC, но может вызываться и без него. Ей можно передавать и целочисленные, и любые числовые аргументы:

```
SELECT public.variadic_example(0),
       public.variadic_example(0.0),
       public.variadic_example(VARIADIC array[0.0]);
 variadic_example | variadic_example | variadic_example
------------------+------------------+------------------
                1 |                1 |                1
(1 row)
```

Однако для первого и второго вызова предпочтительнее окажутся специализированные функции, если таковые есть:

```
CREATE FUNCTION public.variadic_example(numeric) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 2';
CREATE FUNCTION

CREATE FUNCTION public.variadic_example(int) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 3';
CREATE FUNCTION

SELECT public.variadic_example(0),
       public.variadic_example(0.0),
       public.variadic_example(VARIADIC array[0.0]);
 variadic_example | variadic_example | variadic_example
------------------+------------------+------------------
                3 |                2 |                1
(1 row)
```

Если используется конфигурация по умолчанию и существует только первая функция, первый и второй вызовы будут небезопасными. Любой пользователь может перехватить их, создав вторую или третью функцию. Безопасным будет третий вызов, в котором тип аргумента соответствует в точности и используется ключевое слово `VARIADIC`.

Пример 10.8. Разрешение функции извлечения подстроки

В PostgreSQL есть несколько вариантов функции `substr`, и один из них принимает аргументы типов `text` и `integer`. Если эта функция вызывается со строковой константой неопределённого типа, система выбирает функцию, принимающую аргумент предпочитаемой категории `string` (а конкретнее, типа `text`).

```
SELECT substr('1234', 3);

 substr
--------
     34
(1 row)
```

Если текстовая строка имеет тип `varchar`, например когда данные поступают из таблицы, анализатор попытается привести её к типу `text`:

```
SELECT substr (varchar '1234', 3);

 substr
--------
     34
(1 row)
```

Этот запрос анализатор фактически преобразует в:

```
SELECT substr(CAST (varchar '1234' AS text), 3);
```

> **Примечание**
>
> Анализатор узнаёт из каталога `pg_cast`, что типы `text` и `varchar` двоично-совместимы, что означает, что один тип можно передать функции, принимающей другой, не выполняя физического преобразования. Таким образом, в данном случае операция преобразования на самом не добавляется.

И если функция вызывается с аргументом типа `integer`, анализатор попытается преобразовать его в тип `text`:

```
SELECT substr(1234, 3);
ОШИБКА: функция substr(integer, integer) не существует
ПОДСКАЗКА: Функция с данными именем и типами аргументов не найдена. Возможно, вам
следует добавить явные преобразования типов.
```

Этот вариант не работает, так как `integer` нельзя неявно преобразовать в `text`. Однако с явным преобразованием запрос выполняется:

```
SELECT substr(CAST (1234 AS text), 3);

 substr
--------
     34
(1 row)
```

10.4. Хранимое значение

Значения, вставляемые в таблицу, преобразуется в тип данных целевого столбца по следующему алгоритму.

Преобразование по типу хранения

1. Проверить точное совпадение с целевым типом.

2. Если типы не совпадают, попытаться привести тип к целевому. Это возможно, если в каталоге `pg_cast` (см. CREATE CAST) зарегистрировано *приведение присваивания* между двумя типами. Если же результат выражения — строка неизвестного типа, содержимое этой строки будет подано на вход процедуре ввода целевого типа.

3. Проверить, не требуется ли приведение размера для целевого типа. Приведение размера — это преобразование типа к такому же. Если это приведение описано в каталоге `pg_cast`, применить к его к результату выражения, прежде чем сохранить в целевом столбце. Функция, реализующая такое приведение, всегда принимает дополнительный параметр типа `integer`, в котором передаётся значение `atttypmod` для целевого столбца (обычно это её объявленный размер, хотя интерпретироваться значение `atttypmod` для разных типов данных может по-разному), и третий параметр типа `boolean`, передающий признак явное/неявное преобразование. Функция приведения отвечает за все операции с длиной, включая её проверку и усечение данных.

Пример 10.9. Преобразование для типа хранения `character`

Следующие запросы показывают, что сохраняемое значение подгоняется под размер целевого столбца, объявленного как `character(20)`:

```
CREATE TABLE vv (v character(20));
INSERT INTO vv SELECT 'abc' || 'def';
SELECT v, octet_length(v) FROM vv;

          v           | octet_length
----------------------+--------------
 abcdef               |           20
(1 row)
```

Суть происходящего здесь в том, что две константы неизвестного типа по умолчанию воспринимаются как значения `text`, что позволяет применить к ним оператор `||` как оператор конкатенации значений `text`. Затем результат оператора, имеющий тип `text`, приводится к типу `bpchar` («blank-padded char» (символы, дополненные пробелами), внутреннее имя типа `character`) в соответствии с типом целевого столбца. (Так как типы `text` и `bpchar` двоично-совместимы, при этом преобразовании реальный вызов функции не добавляется.) Наконец, в системном каталоге находится функция изменения размера `bpchar(bpchar, integer, boolean)` и применяется для результата оператора и длины столбца. Эта связанная с типом функция проверяет длину данных и добавляет недостающие пробелы.

10.5. `UNION`, `CASE` и связанные конструкции

SQL-конструкция `UNION` взаимодействует с системой типов, так как ей приходится объединять значения возможно различных типов в единый результирующий набор. Алгоритм разрешения типов при этом применяется независимо к каждому выходному столбцу запроса. Конструкции `INTERSECT` и `EXCEPT` сопоставляют различные типы подобно `UNION`. По такому же алгоритму сопоставляют типы выражений и определяют тип своего результата некоторые другие конструкции, включая `CASE`, `ARRAY`, `VALUES` и функции `GREATEST` и `LEAST`.

Разрешение типов для `UNION`, `CASE` и связанных конструкций

1. Если все данные одного типа и это не тип `unknown`, выбрать его.
2. Если тип данных — домен, далее считать их типом базовый тип домена. [4]
3. Если все данные типа `unknown`, выбрать для результата тип `text` (предпочитаемый для категории string). В противном случае значения `unknown` для остальных правил игнорируются.
4. Если известные типы входных данных оказываются не из одной категории, констатировать неудачу.

[4] Так же, как домены воспринимаются при выборе операторов и функций, доменные типы могут сохраняться в конструкции `UNION` или подобной, если пользователь позаботится о том, чтобы все входные данные приводились к этому типу явно или неявно. В противном случае будет использоваться базовый тип домена.

5. Выбрать первый известный тип данных в качестве типа-кандидата, затем рассмотреть все остальные известные типы данных, слева направо. [5] Если ранее выбранный тип может быть неявно преобразован к другому типу, но преобразовать второй в первый нельзя, выбрать второй тип в качестве нового кандидата. Затем продолжать рассмотрение последующих данных. Если на любом этапе этого процесса выбирается предпочитаемый тип, следующие данные больше не рассматриваются.
6. Привести все данные к окончательно выбранному типу. Констатировать неудачу, если неявное преобразование из типа входных данных в выбранный тип невозможно.

Ниже это проиллюстрировано на примерах.

Пример 10.10. Разрешение типов с частичным определением в Union

```
SELECT text 'a' AS "text" UNION SELECT 'b';

 text
------
 a
 b
(2 rows)
```

В данном случае константа `'b'` неизвестного типа будет преобразована в тип `text`.

Пример 10.11. Разрешение типов в простом объединении

```
SELECT 1.2 AS "numeric" UNION SELECT 1;

 numeric
---------
       1
     1.2
(2 rows)
```

Константа `1.2` имеет тип `numeric` и целочисленное значение `1` может быть неявно приведено к типу `numeric`, так что используется этот тип.

Пример 10.12. Разрешение типов в противоположном объединении

```
SELECT 1 AS "real" UNION SELECT CAST('2.2' AS REAL);

 real
------
    1
  2.2
(2 rows)
```

Здесь значение типа `real` нельзя неявно привести к `integer`, но `integer` можно неявно привести к `real`, поэтому типом результата объединения будет `real`.

Пример 10.13. Разрешение типов во вложенном объединении

```
SELECT NULL UNION SELECT NULL UNION SELECT 1;

ERROR:  UNION types text and integer cannot be matched
```

Эта ошибка возникает из-за того, что PostgreSQL воспринимает множественные `UNION` как пары с вложенными операциями, то есть как запись

```
(SELECT NULL UNION SELECT NULL) UNION SELECT 1;
```

Внутренний `UNION` разрешается как выдающий тип `text`, согласно правилам, приведённым выше. Затем внешний `UNION` получает на вход типы `text` и `integer`, что и приводит к показанной ошибке.

[5] По историческим причинам в конструкции `CASE` выражение в предложении `ELSE` (если оно есть) обрабатывается как «первое», а предложения `THEN` рассматриваются после. Во всех остальных случаях, «слева направо» означает порядок, в котором выражения действительно идут в тексте запроса.

Эту проблему можно устранить, сделав так, чтобы у самого левого `UNION` минимум с одной стороны были данные желаемого типа результата.

Операции `INTERSECT` и `EXCEPT` также разрешаются по парам. Однако остальные конструкции, описанные в этом разделе, рассматривают все входные данные сразу.

10.6. Выходные столбцы SELECT

Правила, описанные в предыдущих разделах, распространяются на присваивание типов данных, кроме `unknown`, во всех выражениях в запросах SQL, за исключением бестиповых буквальных значений, принимающих вид простых выходных столбцов команды `SELECT`. Например, в запросе

```
SELECT 'Hello World';
```

ничто не говорит о том, какой тип должно принимать строковое буквальное значение. В этой ситуации PostgreSQL разрешит тип такого значения как `text`.

Когда `SELECT` является одной из ветвей конструкции `UNION` (или `INTERSECT`/`EXCEPT`) или когда он находится внутри `INSERT ... SELECT`, это правило не действует, так как более высокий приоритет имеют правила, описанные в предыдущих разделах. В первом случае тип бестипового буквального значения может быть получен из другой ветви `UNION`, а во втором — из целевого столбца.

Списки `RETURNING` в данном контексте воспринимаются так же, как выходные списки `SELECT`.

Примечание

До PostgreSQL 10 этого правила не было и бестиповые буквальные значения в выходном списке `SELECT` оставались с типом `unknown`. Это имело различные негативные последствия, так что было решено это изменить.

Глава 11. Индексы

Индексы — это традиционное средство увеличения производительности БД. Используя индекс, сервер баз данных может находить и извлекать нужные строки гораздо быстрее, чем без него. Однако с индексами связана дополнительная нагрузка на СУБД в целом, поэтому применять их следует обдуманно.

11.1. Введение

Предположим, что у нас есть такая таблица:

```
CREATE TABLE test1 (
    id integer,
    content varchar
);
```

и приложение выполняет много подобных запросов:

```
SELECT content FROM test1 WHERE id = константа;
```

Если система не будет заранее подготовлена, ей придётся сканировать всю таблицу `test1`, строку за строкой, чтобы найти все подходящие записи. Когда таблица `test1` содержит большое количество записей, а этот запрос должен вернуть всего несколько (возможно, одну или ноль), такое сканирование, очевидно, неэффективно. Но если создать в системе индекс по полю `id`, она сможет находить строки гораздо быстрее. Возможно, для этого ей понадобится опуститься всего на несколько уровней в дереве поиска.

Подобный подход часто используется в технической литературе: термины и понятия, которые могут представлять интерес, собираются в алфавитном указателе в конце книги. Читатель может просмотреть этот указатель довольно быстро и затем перейти сразу к соответствующей странице, вместо того, чтобы пролистывать всю книгу в поисках нужного материала. Так же, как задача автора предугадать, что именно будут искать в книге читатели, задача программиста баз данных — заранее определить, какие индексы будут полезны.

Создать индекс для столбца `id` рассмотренной ранее таблицы можно с помощью следующей команды:

```
CREATE INDEX test1_id_index ON test1 (id);
```

Имя индекса `test1_id_index` может быть произвольным, главное, чтобы оно позволяло понять, для чего этот индекс.

Для удаления индекса используется команда `DROP INDEX`. Добавлять и удалять индексы можно в любое время.

Когда индекс создан, никакие дополнительные действия не требуются: система сама будет обновлять его при изменении данных в таблице и сама будет использовать его в запросах, где, по её мнению, это будет эффективнее, чем сканирование всей таблицы. Вам, возможно, придётся только периодически запускать команду `ANALYZE` для обновления статистических данных, на основе которых планировщик запросов принимает решения. В Главе 14 вы можете узнать, как определить, используется ли определённый индекс и при каких условиях планировщик может решить *не* использовать его.

Индексы могут быть полезны также при выполнении команд `UPDATE` и `DELETE` с условиями поиска. Кроме того, они могут применяться в поиске с соединением. То есть, индекс, определённый для столбца, участвующего в условии соединения, может значительно ускорить запросы с JOIN.

В целом индексы PostgreSQL можно использовать для оптимизации запросов, содержащих одно или несколько предложений `WHERE` или `JOIN` в таком виде:

```
индексированный-столбец индексируемый-оператор значение-сравнения
```

Здесь *`индексированный-столбец`* — это любой столбец или выражение, для которого был определён индекс, *`индексируемый-оператор`* — это оператор, который является членом *класса операторов* индекса для индексированного столбца (более подробную информацию об этом см. ниже), а *значение-сравнения* может быть любым выражением, которое не является изменчивым и не ссылается на таблицу с этим индексом.

В некоторых случаях планировщик запросов может извлечь индексируемое предложение этого вида из другой конструкции SQL. Например, если исходное предложение выглядело так:

значение сравнения оператор индексированный столбец

, то его можно преобразовать в индексируемую форму, если исходный *оператор* имеет коммутирующий оператор, который является членом класса операторов индекса.

Создание индекса для большой таблицы может занимать много времени. По умолчанию PostgreSQL позволяет параллельно с созданием индекса выполнять чтение (операторы `SELECT`) таблицы, но операции записи (`INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`) блокируются до окончания построения индекса. Для производственной среды это ограничение часто бывает неприемлемым. Хотя есть возможность разрешить запись параллельно с созданием индексов, при этом нужно учитывать ряд оговорок — они описаны в подразделе Неблокирующее построение индексов.

После создания индекса система должна поддерживать его в состоянии, соответствующем данным таблицы. С этим связаны неизбежные накладные расходы при изменении данных. Наличие индексов также может препятствовать созданию кортежей только в куче. Таким образом, индексы, которые используются в запросах редко или вообще никогда, должны быть удалены.

11.2. Типы индексов

PostgreSQL поддерживает несколько типов индексов: B-дерево, хеш, GiST, SP-GiST, GIN, BRIN и расширение bloom. Для разных типов индексов применяются разные алгоритмы, ориентированные на определённые типы индексируемых предложений. По умолчанию команда `CREATE INDEX` создаёт индексы типа B-дерево, эффективные в большинстве случаев.

B-деревья могут работать в условиях на равенство и в проверках диапазонов с данными, которые можно отсортировать в некотором порядке. Точнее, планировщик запросов PostgreSQL может задействовать индекс-B-дерево, когда индексируемый столбец участвует в сравнении с одним из следующих операторов:

```
<
<=
=
>=
>
```

При обработке конструкций, представимых как сочетание этих операторов, например `BETWEEN` и `IN`, так же может выполняться поиск по индексу-B-дереву. Кроме того, такие индексы могут использоваться и в условиях `IS NULL` и `IS NOT NULL` по индексированным столбцам.

Также оптимизатор может использовать эти индексы в запросах с операторами сравнения по шаблону `LIKE` и `~`, *если* этот шаблон определяется константой и он привязан к началу строки — например, `col LIKE 'foo%'` или `col ~ '^foo'`, но не `col LIKE '%bar'`. Но если ваша база данных использует не локаль C, для поддержки индексирования запросов с шаблонами вам потребуется создать индекс со специальным классом операторов; см. Раздел 11.10. Индексы-B-деревья можно использовать и для `ILIKE` и `~*`, но только если шаблон начинается не с алфавитных символов, то есть символов, не подверженных преобразованию регистра.

B-деревья могут также применяться для получения данных, отсортированных по порядку. Это не всегда быстрее простого сканирования и сортировки, но иногда бывает полезно.

Хеш-индексы работают только с простыми условиями равенства. Планировщик запросов может применить хеш-индекс, только если индексируемый столбец участвует в сравнении с оператором `=`. Создать такой индекс можно следующей командой:

```
CREATE INDEX имя ON таблица USING HASH (столбец);
```

GiST-индексы представляют собой не просто разновидность индексов, а инфраструктуру, позволяющую реализовать много разных стратегий индексирования. Как следствие, GiST-индексы могут применяться с разными операторами, в зависимости от стратегии индексирования (*класса операторов*). Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает классы операторов GiST для нескольких двумерных типов геометрических данных, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<<
&<
&>
>>
<<|
&<|
|&>
|>>
@>
<@
~=
&&
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.11.) Классы операторов GiST, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 64.1. В коллекции `contrib` можно найти и другие классы операторов GiST, реализованные как отдельные проекты. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.

GiST-индексы также могут оптимизировать поиск «ближайшего соседа», например такой:

```
SELECT * FROM places ORDER BY location <-> point '(101,456)' LIMIT 10;
```

который возвращает десять расположений, ближайших к заданной точке. Возможность такого применения индекса опять же зависит от класса используемого оператора. Операторы, которые можно использовать таким образом, перечислены в Таблице 64.1, в столбце «Операторы сортировки».

Индексы SP-GiST, как и GiST, предоставляют инфраструктуру, поддерживающую различные типы поиска. SP-GiST позволяет организовывать на диске самые разные несбалансированные структуры данных, такие как деревья квадрантов, k-мерные и префиксные деревья. Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает классы операторов SP-GiST для точек в двумерном пространстве, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<<
>>
~=
<@
<^
>^
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.11.) Классы операторов SP-GiST, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 65.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 65.

Индексы SP-GiST, как и GiST, поддерживают поиск ближайших соседей. Для классов операторов SP-GiST, поддерживающих упорядочивание по расстоянию, соответствующий оператор указан в столбце «Операторы упорядочивания» в Таблице 65.1.

GIN-индексы представляют собой «инвертированные индексы», в которых могут содержаться значения с несколькими ключами, например массивы. Инвертированный индекс содержит отдельный элемент для значения каждого компонента, и может эффективно работать в запросах, проверяющих присутствие определённых значений компонентов.

Подобно GiST и SP-GiST, индексы GIN могут поддерживать различные определённые пользователем стратегии и в зависимости от них могут применяться с разными операторами. Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает класс операторов GIN для массивов, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<@
@>
=
&&
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.19.) Классы операторов GIN, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 66.1. В коллекции `contrib` и в отдельных проектах можно найти и много других классов операторов GIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 66.

BRIN-индексы (сокращение от Block Range INdexes, Индексы зон блоков) хранят обобщённые сведения о значениях, находящихся в физически последовательно расположенных блоках таблицы. Подобно GiST, SP-GiST и GIN, индексы BRIN могут поддерживать определённые пользователем стратегии, и в зависимости от них применяться с разными операторами. Для типов данных, имеющих линейный порядок сортировки, записям в индексе соответствуют минимальные и максимальные значения данных в столбце для каждой зоны блоков. Это позволяет поддерживать запросы со следующими операторами:

```
<
<=
=
>=
>
```

Классы операторов BRIN, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 67.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 67.

11.3. Составные индексы

Индексы можно создавать и по нескольким столбцам таблицы. Например, если у вас есть таблица:

```
CREATE TABLE test2 (
  major int,
  minor int,
  name varchar
);
```

(предположим, что вы поместили в неё содержимое каталога `/dev`) и вы часто выполняете запросы вида:

```
SELECT name FROM test2 WHERE major = константа AND minor = константа;
```

тогда имеет смысл определить индекс, покрывающий оба столбца `major` и `minor`. Например:

```
CREATE INDEX test2_mm_idx ON test2 (major, minor);
```

В настоящее время составными могут быть только индексы типов B-дерево, GiST, GIN и BRIN. Число столбцов в индексе ограничивается 32. (Этот предел можно изменить при компиляции PostgreSQL; см. файл `pg_config_manual.h`.)

Составной индекс-B-дерево может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса, но наиболее эффективен он при ограничениях по ведущим (левым) столбцам. Точное правило состоит в том, что сканируемая область индекса определяется условиями равенства с ведущими столбцами и условиями неравенства с первым столбцом, не участвующим в условии равенства. Ограничения столбцов правее них также проверяются по индексу, так что обращение к таблице откладывается, но на размер сканируемой области индекса это уже не влияет. Например, если есть индекс по столбцам `(a, b, c)` и условие `WHERE a = 5 AND b >= 42 AND c < 77`, индекс будет сканироваться от первой записи `a` = 5 и `b` = 42 до последней с `a` = 5. Записи индекса, в которых c >= 77, не будут учитываться, но тем не менее будут просканированы. Этот индекс в принципе может использоваться в запросах с ограничениями по b и/или c, без ограничений столбца a, но при этом будет просканирован весь индекс, так что в большинстве случаев планировщик предпочтёт использованию индекса полное сканирование таблицы.

Составной индекс GiST может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса. Условия с дополнительными столбцами ограничивают записи, возвращаемые индексом, но в первую очередь сканируемая область индекса определяется ограничением первого столбца. GiST-индекс будет относительно малоэффективен, когда первый его столбец содержит только несколько различающихся значений, даже если дополнительные столбцы дают множество различных значений.

Составной индекс GIN может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса. В отличие от индексов GiST или B-деревьев, эффективность поиска по нему не меняется в зависимости от того, какие из его столбцов используются в условиях запроса.

Составной индекс BRIN может применяться в условиях запроса с любым подмножеством столбцов индекса. Подобно индексу GIN и в отличие от B-деревьев или GiST, эффективность поиска по нему не меняется в зависимости от того, какие из его столбцов используются в условиях запроса. Единственное, зачем в одной таблице могут потребоваться несколько индексов BRIN вместо одного составного индекса — это затем, чтобы применялись разные параметры хранения pages_per_range.

При этом, разумеется, каждый столбец должен использоваться с операторами, соответствующими типу индекса; ограничения с другими операторами рассматриваться не будут.

Составные индексы следует использовать обдуманно. В большинстве случаев индекс по одному столбцу будет работать достаточно хорошо и сэкономит время и место. Индексы по более чем трём столбцам вряд ли будут полезными, если только таблица не используется крайне однообразно. Описание достоинств различных конфигураций индексов можно найти в Разделе 11.5 и Разделе 11.9.

11.4. Индексы и предложения ORDER BY

Помимо простого поиска строк для выдачи в результате запроса, индексы также могут применяться для сортировки строк в определённом порядке. Это позволяет учесть предложение ORDER BY в запросе, не выполняя сортировку дополнительно. Из всех типов индексов, которые поддерживает PostgreSQL, сортировать данные могут только B-деревья — индексы других типов возвращают строки в неопределённом, зависящем от реализации порядке.

Планировщик может выполнить указание ORDER BY, либо просканировав существующий индекс, подходящий этому указанию, либо просканировав таблицу в физическом порядке и выполнив сортировку явно. Для запроса, требующего сканирования большой части таблицы, явная сортировка скорее всего будет быстрее, чем применение индекса, так как при последовательном чтении она потребует меньше операций ввода/вывода. Важный особый случай представляет ORDER BY в сочетании с LIMIT *n*: при явной сортировке системе потребуется обработать все данные, чтобы выбрать первые *n* строк, но при наличии индекса, соответствующего столбцам в ORDER BY, первые *n* строк можно получить сразу, не просматривая остальные вовсе.

По умолчанию элементы B-дерева хранятся в порядке возрастания, при этом значения NULL идут в конце (для упорядочивания равных записей используется табличный столбец TID). Это означает, что при прямом сканировании индекса по столбцу x порядок оказывается соответствующим указанию ORDER BY x (или точнее, ORDER BY x ASC NULLS LAST). Индекс также может сканироваться в обратную сторону, и тогда порядок соответствует указанию ORDER BY x DESC (или точнее, ORDER BY x DESC NULLS FIRST, так как для ORDER BY DESC подразумевается NULLS FIRST).

Вы можете изменить порядок сортировки элементов B-дерева, добавив уточнения ASC, DESC, NULLS FIRST и/или NULLS LAST при создании индекса; например:

```
CREATE INDEX test2_info_nulls_low ON test2 (info NULLS FIRST);
```

```
CREATE INDEX test3_desc_index ON test3 (id DESC NULLS LAST);
```

Индекс, в котором элементы хранятся в порядке возрастания и значения NULL идут первыми, может удовлетворять указаниям `ORDER BY x ASC NULLS FIRST` или `ORDER BY x DESC NULLS LAST`, в зависимости от направления просмотра.

У вас может возникнуть вопрос, зачем нужны все четыре варианта при создании индексов, когда и два варианта с учётом обратного просмотра покрывают все виды `ORDER BY`. Для индексов по одному столбцу это и в самом деле излишне, но для индексов по многим столбцам это может быть полезно. Рассмотрим индекс по двум столбцам `(x, y)`: он может удовлетворять указанию `ORDER BY x, y` при прямом сканировании или `ORDER BY x DESC, y DESC` при обратном. Но вполне возможно, что приложение будет часто выполнять `ORDER BY x ASC, y DESC`. В этом случае получить такую сортировку от простого индекса нельзя, но можно получить подходящий индекс, определив его как `(x ASC, y DESC)` или `(x DESC, y ASC)`.

Очевидно, что индексы с нестандартными правилами сортировки весьма специфичны, но иногда они могут кардинально ускорить определённые запросы. Стоит ли вводить такие индексы, зависит от того, как часто выполняются запросы с необычным порядком сортировки.

11.5. Объединение нескольких индексов

При простом сканировании индекса могут обрабатываться только те предложения в запросе, в которых применяются операторы его класса и объединяет их `AND`. Например, для индекса `(a, b)` условие запроса `WHERE a = 5 AND b = 6` сможет использовать этот индекс, а запрос `WHERE a = 5 OR b = 6` — нет.

К счастью, PostgreSQL способен соединять несколько индексов (и в том числе многократно применять один индекс) и охватывать также случаи, когда сканирования одного индекса недостаточно. Система может сформировать условия `AND` и `OR` за несколько проходов индекса. Например, запрос `WHERE x = 42 OR x = 47 OR x = 53 OR x = 99` можно разбить на четыре сканирования индекса по `x`, по сканированию для каждой части условия. Затем результаты этих сканирований будут логически сложены (OR) вместе и дадут конечный результат. Другой пример — если у нас есть отдельные индексы по `x` и `y`, запрос `WHERE x = 5 AND y = 6` можно выполнить, применив индексы для соответствующих частей запроса, а затем вычислив логическое произведение (AND) для найденных строк, которое и станет конечным результатом.

Выполняя объединение нескольких индексов, система сканирует все необходимые индексы и создаёт в памяти *битовую карту* расположения строк таблицы, которые удовлетворяют условиям каждого индекса. Затем битовые карты объединяются операциями AND и OR, как того требуют условия в запросе. Наконец система обращается к соответствующим отмеченным строкам таблицы и возвращает их данные. Строки таблицы просматриваются в физическом порядке, как они представлены в битовой карте; это означает, что порядок сортировки индексов при этом теряется и в запросах с предложением `ORDER BY` сортировка будет выполняться отдельно. По этой причине, а также потому, что каждое сканирование индекса занимает дополнительное время, планировщик иногда выбирает простое сканирование индекса, несмотря на то, что можно было бы подключить и дополнительные индексы.

В большинстве приложений (кроме самых простых) полезными могут оказаться различные комбинации индексов, поэтому разработчик баз данных, определяя набор индексов, должен искать компромиссное решение. Иногда оказываются хороши составные индексы, а иногда лучше создать отдельные индексы и положиться на возможности объединения индексов. Например, если типичную нагрузку составляют запросы иногда с условием только по столбцу `x`, иногда только по `y`, а иногда по обоим столбцам, вы можете ограничиться двумя отдельными индексами по `x` и `y`, рассчитывая на то, что при обработке условий с обоими столбцами эти индексы будут объединяться. С другой стороны, вы можете создать один составной индекс по `(x, y)`. Этот индекс скорее всего будет работать эффективнее, чем объединение индексов, в запросах с двумя столбцами, но как говорилось в Разделе 11.3, он будет практически бесполезен для запросов с ограничениями только по `y`, так что одного этого индекса будет недостаточно. Выигрышным в этом случае может быть сочетание составного индекса с отдельным индексом по `y`. В запросах, где задействуется только `x`, может применяться составной индекс, хотя он будет больше и, следовательно, медленнее индекса по одному x. Наконец, можно создать все три индекса, но это будет оправдано, только если данные в таблице изменяются гораздо реже, чем выполняется поиск в таблице, при этом частота запросов этих трёх типов примерно одинакова. Если запросы какого-то одного типа выполняются гораздо реже других, возможно лучше будет оставить только два индекса, соответствующих наиболее частым запросам.

11.6. Уникальные индексы

Индексы также могут обеспечивать уникальность значения в столбце или уникальность сочетания значений в нескольких столбцах.

```
CREATE UNIQUE INDEX имя ON таблица (столбец [, ...]);
```

В настоящее время уникальными могут быть только индексы-B-деревья.

Если индекс создаётся как уникальный, в таблицу нельзя будет добавить несколько строк с одинаковыми значениями ключа индекса. При этом значения NULL считаются не равными друг другу. Составной уникальный индекс не принимает только те строки, в которых все индексируемые столбцы содержат одинаковые значения.

Когда для таблицы определяется ограничение уникальности или первичный ключ, PostgreSQL автоматически создаёт уникальный индекс по всем столбцам, составляющим это ограничение или первичный ключ (индекс может быть составным). Такой индекс и является механизмом, который обеспечивает выполнение ограничения.

> **Примечание**
>
> Для уникальных столбцов не нужно вручную создавать отдельные индексы — они просто продублируют индексы, созданные автоматически.

11.7. Индексы по выражениям

Индекс можно создать не только по столбцу нижележащей таблицы, но и по функции или скалярному выражению с одним или несколькими столбцами таблицы. Это позволяет быстро находить данные в таблице по результатам вычислений.

Например, для сравнений без учёта регистра символов часто используется функция `lower`:

```
SELECT * FROM test1 WHERE lower(col1) = 'value';
```

Этот запрос сможет использовать индекс, определённый для результата функции `lower(col1)` так:

```
CREATE INDEX test1_lower_col1_idx ON test1 (lower(col1));
```

Если мы объявим этот индекс уникальным (`UNIQUE`), он не даст добавить строки, в которых значения `col1` различаются только регистром, как и те, в которых значения `col1` действительно одинаковые. Таким образом, индексы по выражениям можно использовать ещё и для обеспечения ограничений, которые нельзя записать как простые ограничения уникальности.

Если же часто выполняются запросы вида:

```
SELECT * FROM people WHERE (first_name || ' ' || last_name) = 'John Smith';
```

тогда, возможно, стоит создать такой индекс:

```
CREATE INDEX people_names ON people ((first_name || ' ' || last_name));
```

Синтаксис команды `CREATE INDEX` обычно требует заключать индексные выражения в скобки, как показано во втором примере. Если же выражение представляет собой просто вызов функции, как в первом примере, дополнительные скобки можно опустить.

Поддержка индексируемых выражений обходится довольно дорого, так как эти выражения должны вычисляться при каждом добавлении строки и при каждом изменении без оптимизации HOT. Однако при поиске по индексу индексируемое выражение *не* вычисляется повторно, так как его результат уже сохранён в индексе. В рассмотренных выше случаях система видит запрос как `WHERE столбец_индекса = 'константа'`, и поэтому поиск выполняется так же быстро, как и с простым индексом. Таким образом, индексы по выражениям могут быть полезны, когда скорость извлечения данных гораздо важнее скорости добавления и изменения.

11.8. Частичные индексы

Частичный индекс — это индекс, который строится по подмножеству строк таблицы, определяемому условным выражением (оно называется *предикатом* частичного индекса). Такой индекс содержит записи только для строк, удовлетворяющих предикату. Частичные индексы довольно специфичны, но в ряде ситуаций они могут быть очень полезны.

Частичные индексы могут быть полезны, во-первых, тем, что позволяют избежать индексирования распространённых значений. Так как при поиске распространённого значения (такого, которое содержится в значительном проценте всех строк) индекс всё равно не будет использоваться, хранить эти строки в индексе нет смысла. Исключив их из индекса, можно уменьшить его размер, а значит и ускорить запросы, использующие этот индекс. Это также может ускорить операции изменения данных в таблице, так как индекс будет обновляться не всегда. Возможное применение этой идеи проиллюстрировано в Примере 11.1.

Пример 11.1. Настройка частичного индекса, исключающего распространённые значения

Предположим, что вы храните в базе данных журнал обращений к корпоративному сайту. Большая часть обращений будет происходить из диапазона IP-адресов вашей компании, а остальные могут быть откуда угодно (например, к нему могут подключаться внешние сотрудники с динамическими IP). Если при поиске по IP вас обычно интересуют внешние подключения, IP-диапазон внутренней сети компании можно не включать в индекс.

Пусть у вас есть такая таблица:

```
CREATE TABLE access_log (
    url varchar,
    client_ip inet,
    ...
);
```

Создать частичный индекс для нашего примера можно так:

```
CREATE INDEX access_log_client_ip_ix ON access_log (client_ip)
WHERE NOT (client_ip > inet '192.168.100.0' AND
           client_ip < inet '192.168.100.255');
```

Так будет выглядеть типичный запрос, использующий этот индекс:

```
SELECT *
FROM access_log
WHERE url = '/index.html' AND client_ip = inet '212.78.10.32';
```

В нём фигурирует IP-адрес, попадающий в частичный индекс. Следующий запрос не может использовать частичный индекс, так как в нём IP-адрес не попадает в диапазон индекса:

```
SELECT *
FROM access_log
WHERE url = '/index.html' AND client_ip = inet '192.168.100.23';
```

Заметьте, что при таком определении частичного индекса необходимо, чтобы распространённые значения были известны заранее, так что такие индексы лучше использовать, когда распределение данных не меняется. Хотя такие индексы можно пересоздавать время от времени, подстраиваясь под новое распределение, это значительно усложняет поддержку.

Во-вторых, частичные индексы могут быть полезны тем, что позволяют исключить из индекса значения, которые обычно не представляют интереса; это проиллюстрировано в Примере 11.2. При этом вы получаете те же преимущества, что и в предыдущем случае, но система не сможет извлечь «неинтересные» значения по этому индексу, даже если сканирование индекса может быть эффективным. Очевидно, настройка частичных индексов в таких случаях требует тщательного анализа и тестирования.

Пример 11.2. Настройка частичного индекса, исключающего неинтересные значения

Если у вас есть таблица, в которой хранятся и оплаченные, и неоплаченные счета, и при этом неоплаченные счета составляют только небольшую часть всей таблицы, но представляют наибольший интерес, производительность запросов можно увеличить, создав индекс только по неоплаченным счетам. Сделать это можно следующей командой:

```
CREATE INDEX orders_unbilled_index ON orders (order_nr)
    WHERE billed is not true;
```

Этот индекс будет применяться, например в таком запросе:

```
SELECT * FROM orders WHERE billed is not true AND order_nr < 10000;
```

Однако он также может применяться в запросах, где `order_nr` вообще не используется, например:

```
SELECT * FROM orders WHERE billed is not true AND amount > 5000.00;
```

Конечно, он будет не так эффективен, как мог бы быть частичный индекс по столбцу `amount`, так как системе придётся сканировать его целиком. Тем не менее, если неоплаченных счетов сравнительно мало, выиграть при поиске неоплаченного счёта можно и с таким частичным индексом.

Заметьте, что в таком запросе этот индекс не будет использоваться:

```
SELECT * FROM orders WHERE order_nr = 3501;
```

Счёт с номером 3501 может оказаться, как в числе неоплаченных, так и оплаченных.

Пример 11.2 также показывает, что индексируемый столбец не обязательно должен совпадать со столбцом, используемым в предикате. PostgreSQL поддерживает частичные индексы с произвольными предикатами — главное, чтобы в них фигурировали только столбцы индексируемой таблицы. Однако не забывайте, что предикат должен соответствовать условиям запросов, для оптимизации которых предназначается данный индекс. Точнее, частичный индекс будет применяться в запросе, только если система сможет понять, что условие `WHERE` данного запроса математически сводится к предикату индекса. Но учтите, что PostgreSQL не умеет доказывать математические утверждения об эквивалентности выражений, записанных в разных формах. (Составить программу для таких доказательств крайне сложно, и если даже это удастся, скорость её будет неприемлема для применения на практике.) Система может выявить только самые простые следствия с неравенствами; например, понять, что из «x < 1» следует «x < 2»; во всех остальных случаях условие предиката должно точно совпадать с условием в предложении `WHERE`, иначе индекс будет считаться неподходящим. Сопоставление условий происходит во время планирования запросов, а не во время выполнения. Как следствие, запросы с параметрами не будут работать с частичными индексами. Например, условие с параметром «x < ?» в подготовленном запросе никогда не будет сведено к «x < 2» при всех возможных значениях параметра.

Третье возможное применение частичных индексов вообще не связано с использованием индекса в запросах. Идея заключается в том, чтобы создать уникальный индекс по подмножеству строк таблицы, как в Примере 11.3. Это обеспечит уникальность среди строк, удовлетворяющих условию предиката, но никак не будет ограничивать остальные.

Пример 11.3. Настройка частичного уникального индекса

Предположим, что у нас есть таблица с результатами теста. Мы хотим, чтобы для каждого сочетания предмета и целевой темы была только одна запись об успешном результате, а неудачных попыток могло быть много. Вот как можно этого добиться:

```
CREATE TABLE tests (
    subject text,
```

```
    target text,
    success boolean,
    ...
);

CREATE UNIQUE INDEX tests_success_constraint ON tests (subject, target)
    WHERE success;
```

Это подход будет особенно эффективным, когда неудачных попыток будет намного больше, чем удачных. Также можно потребовать, чтобы в столбце допускался только один NULL, создав уникальный частичный индекс с ограничением `IS NULL`.

Наконец, с помощью частичных индексов можно также переопределять выбираемый системой план запроса. Возможно, что для данных с неудачным распределением система решит использовать индекс, тогда как на самом деле это неэффективно. В этом случае индекс можно настроить так, чтобы в подобных запросах он не работал. Обычно PostgreSQL принимает разумные решения относительно применения индексов (т. е. старается не использовать их для получения распространённых значений, так что частичный индекс в вышеприведённом примере помог только уменьшить размер индекса, для отказа от использования индекса он не требовался), поэтому крайне неэффективный план может быть поводом для сообщения об ошибке.

Помните, что настраивая частичный индекс, вы тем самым заявляете, что знаете о данных гораздо больше, чем планировщик запросов. В частности, вы знаете, когда такой индекс может быть полезен. Это знание обязательно должно подкрепляться опытом и пониманием того, как работают индексы в PostgreSQL. В большинстве случаев преимущества частичных индексов по сравнению с обычными будут минимальными. Однако в ряде случаев эти индексы могут быть даже вредны, о чём говорится в Примере 11.4.

Пример 11.4. Не применяйте частичные индексы в качестве замены секционированию

У вас может возникнуть желание создать множество неперекрывающихся частичных индексов, например:

```
CREATE INDEX mytable_cat_1 ON mytable (data) WHERE category = 1;
CREATE INDEX mytable_cat_2 ON mytable (data) WHERE category = 2;
CREATE INDEX mytable_cat_3 ON mytable (data) WHERE category = 3;
...
CREATE INDEX mytable_cat_N ON mytable (data) WHERE category = N;
```

Но так делать не следует! Почти наверняка вам лучше использовать один не частичный индекс, объявленный так:

```
CREATE INDEX mytable_cat_data ON mytable (category, data);
```

(Поставьте первым столбец категорий, по причинам описанным в Разделе 11.3.) При поиске в большем индексе может потребоваться опуститься на несколько уровней ниже, чем при поиске в меньшем частичном, но это почти гарантированно будет дешевле, чем выбрать при планировании из всех частичных индексов подходящий. Сложность с выбором индекса объясняется тем, что система не знает, как взаимосвязаны частичные индексы, и ей придётся проверять каждый из них, чтобы понять, соответствует ли он текущему запросу.

Если ваша таблица настолько велика, что создавать один индекс кажется действительно плохой идей, рассмотрите возможность использования секционирования (см. Раздел 5.11). Когда применяется этот механизм, система понимает, что таблицы и индексы не перекрываются, и может выполнять запросы гораздо эффективнее.

Узнать о частичных индексах больше можно в следующих источниках: ston89b, olson93 и seshadri95.

11.9. Сканирование только индекса и покрывающие индексы

Все индексы в PostgreSQL являются *вторичными*, что значит, что каждый индекс хранится вне области основных данных таблицы (которая в терминологии PostgreSQL называется *кучей* таблицы). Это значит, что при обычном сканировании индекса для извлечения каждой строки необходимо прочитать данные и из индекса, и из кучи. Более того, тогда как элементы индекса, соответствующие заданному условию `WHERE`, обычно находятся в индексе рядом, строки таблицы могут располагаться в куче произвольным образом. Таким образом, обращение к куче при поиске по индексу влечёт множество операций произвольного чтения кучи, которые могут обойтись недёшево, особенно на традиционных вращающихся носителях. (Как описано в Разделе 11.5, сканирование по битовой карте пытается снизить стоимость этих операций, упорядочивая доступ к куче, но не более того.)

Чтобы решить эту проблему с производительностью, PostgreSQL поддерживает *сканирование только индекса*, при котором результат запроса может быть получен из самого индекса, без обращения к куче. Основная идея такого сканирования в том, чтобы выдавать значения непосредственно из элемента индекса, и не обращаться к соответствующей записи в куче. Для применения этого метода есть два фундаментальных ограничения:

1. Тип индекса должен поддерживать сканирование только индекса. Индексы-B-деревья поддерживают его всегда. Индексы GiST и SP-GiST могут поддерживать его с одними классами операторов и не поддерживать с другими. Другие индексы такое сканирование не поддерживают. Суть нижележащего требования в том, что индекс должен физически хранить или каким-то образом восстанавливать исходное значение данных для каждого элемента индекса. В качестве контрпримера, индексы GIN неспособны поддерживать сканирование только индекса, так как в элементах индекса обычно хранится только часть исходного значения данных.

2. Запрос должен обращаться только к столбцам, сохранённым в индексе. Например, если в таблице построен индекс по столбцам `x` и `y`, и в ней есть также столбец `z`, такие запросы будут использовать сканирование только индекса:

   ```
   SELECT x, y FROM tab WHERE x = 'key';
   SELECT x FROM tab WHERE x = 'key' AND y < 42;
   ```

   А эти запросы не будут:

   ```
   SELECT x, z FROM tab WHERE x = 'key';
   SELECT x FROM tab WHERE x = 'key' AND z < 42;
   ```

   (Индексы по выражениям и частичные индексы усложняют это правило, как описано ниже.)

Если два этих фундаментальных ограничения выполняются, то все данные, требуемые для выполнения запроса, содержатся в индексе, так что сканирование только по индексу физически возможно. Но в PostgreSQL существует и ещё одно требование для сканирования таблицы: необходимо убедиться, что все возвращаемые строки «видны» в снимке MVCC запроса, как описано в Главе 13. Информация о видимости хранится не в элементах индекса, а только в куче; поэтому на первый взгляд может показаться, что для получения данных каждой строки всё равно необходимо обращаться к куче. И это в самом деле так, если в таблице недавно произошли изменения. Однако для редко меняющихся данных есть возможность обойти эту проблему. PostgreSQL отслеживает для каждой страницы в куче таблицы, являются ли все строки в этой странице достаточно старыми, чтобы их видели все текущие и будущие транзакции. Это отражается в битах в *карте видимости* таблицы. Процедура сканирования только индекса, найдя потенциально подходящую запись в индексе, проверяет бит в карте видимости для соответствующей страницы в куче. Если он установлен, значит эта строка видна, и данные могут быть возвращены сразу. В противном случае придётся посетить запись строки в куче и проверить, видима ли она, так что никакого выигрыша по сравнению с обычным сканированием индекса не будет. Однако в благоприятном случае обращение к куче заменяется обращением к карте видимости; но так как карта видимости на четыре порядка меньше соответствующей ей области кучи, для работы с ней требуется много меньше операций физического ввода/вывода. В большинстве ситуаций карта видимости просто всё время находится в памяти.

Таким образом, тогда как сканирование только по индексу возможно лишь при выполнении двух фундаментальных требований, оно даст выигрыш, только если для значительной части страниц в куче таблицы установлены биты полной видимости. Но таблицы, в которых меняется лишь неболььшая часть строк, встречаются достаточно часто, чтобы этот тип сканирования был весьма полезен на практике.

Чтобы эффективно использовать возможность сканирования только индекса, вы можете создавать *покрывающие индексы*. Такие индексы специально предназначены для включения столбцов, которые требуются в определённых часто выполняемых запросах. Так как в запросах обычно нужно получить не только столбцы, по которым выполняется поиск, PostgreSQL позволяет создать индекс, в котором некоторые столбцы будут просто «дополнительной нагрузкой», но не войдут в поисковый ключ. Это реализуется предложением `INCLUDE`, в котором перечисляются дополнительные столбцы. Например, если часто выполняется запрос вида

```
SELECT y FROM tab WHERE x = 'key';
```

при традиционном подходе его можно ускорить, создав индекс только по `x`. Однако такой индекс:

```
CREATE INDEX tab_x_y ON tab(x) INCLUDE (y);
```

может удовлетворить такие запросы при сканировании только индекса, так как значение `y` можно получить из индекса, не обращаясь к данным в куче.

Так как столбец `y` не является частью поискового ключа, он не обязательно должен иметь тип данных, воспринимаемый данным индексом; он просто сохраняется внутри индекса и никак не обрабатывается механизмом индекса. Кроме того, в случае с уникальным индексом, например:

```
CREATE UNIQUE INDEX tab_x_y ON tab(x) INCLUDE (y);
```

условие уникальности распространяется только на столбец `x`, а не на `x` и `y` в совокупности. (Предложение `INCLUDE` можно также добавить в ограничения `UNIQUE` и `PRIMARY KEY`, что позволяет определить такой индекс альтернативным образом.)

Добавлять в индекс неключевые дополнительные столбцы следует обдуманно, особенно когда это большие столбцы. Если размер кортежа в индексе превысит максимально допустимый размер для типа индексов, при добавлении данных возникнет ошибка. В любом случае в неключевых столбцах дублируются данные из самой таблицы, что приводит к раздуванию индекса, а следствием этого может быть замедление запросов. И помните, что практический смысл включать дополнительные столбцы в индекс есть только тогда, когда таблица меняется достаточно медленно, и при сканировании только индекса не приходится обращаться к куче. Если кортеж в любом случае придётся прочитывать из кучи, получить значение столбца из него ничего не стоит. Покрывающие индексы имеют и другие ограничения: в настоящее время в качестве неключевых столбцов нельзя задать выражения, и поддерживаются такие индексы только двух типов: B-деревья и GiST.

До появления в PostgreSQL покрывающих индексов (`INCLUDE`) пользователям иногда приходилось задействовать дополнительные столбцы как обычные столбцы индекса, то есть писать

```
CREATE INDEX tab_x_y ON tab(x, y);
```

даже не намереваясь когда-либо использовать `y` в предложении `WHERE`. Это работает, когда дополнительные столбцы добавляются в конец; делать их начальными неразумно по причинам, описанным в Разделе 11.3. Однако этот подход не годится для случая, когда вам нужно обеспечить уникальность ключевого столбца (столбцов).

В процессе *усечения суффикса* с верхних уровней B-дерева всегда удаляются неключевые столбцы. Так как они содержат дополнительную нагрузку, они никогда не управляют поиском по индексу. В этом процессе также удаляется один или несколько замыкающих столбцов, если остающегося префикса ключевых столбцов оказывается достаточно, чтобы описать кортежи на нижележащем уровне B-дерева. На практике и в покрывающих индексах без предложения `INCLUDE` часто удаётся избежать хранения столбцов, которые вверху по сути являются допнагрузкой. Однако явное обозначение дополнительных столбцов неключевыми *гарантирует* минимальный размер кортежей на верхних уровнях.

В принципе сканирование только индекса может применяться и с индексами по выражениям. Например, при наличии индекса по `f(x)`, где `x` — столбец таблицы, должно быть возможно выполнить

```
SELECT f(x) FROM tab WHERE f(x) < 1;
```

как сканирование только индекса; и это очень заманчиво, если `f()` — сложная для вычисления функция. Однако планировщик PostgreSQL в настоящее время может вести себя не очень разумно. Он считает, что запрос может выполняться со сканированием только индекса, лишь когда из индекса могут быть получены все *столбцы*, требующиеся для запроса. В этом примере `x` фигурирует только в контексте `f(x)`, но планировщик не замечает этого и решает, что сканирование только по индексу невозможно. Если сканирование только индекса заслуживает того, эту проблему можно обойти, добавив `x` как неключевой столбец, например:

```
CREATE INDEX tab_f_x ON tab (f(x)) INCLUDE (x);
```

Если это делается ради предотвращения многократных вычислений `f(x)`, следует также учесть, что планировщик не обязательно свяжет упоминания `f(x)`, фигурирующие вне индексируемых предложений `WHERE`, со столбцом индекса. Обычно он делает это правильно в простых запросах, вроде показанного выше, но не в запросах с соединениями. Эти недостатки могут быть устранены в будущих версиях PostgreSQL.

С использованием частичных индексов при сканировании только по индексу тоже связаны интересные особенности. Предположим, что у нас есть частичный индекс, показанный в Примере 11.3:

```
CREATE UNIQUE INDEX tests_success_constraint ON tests (subject, target)
    WHERE success;
```

В принципе с ним мы можем произвести сканирование только по индексу при выполнении запроса

```
SELECT target FROM tests WHERE subject = 'some-subject' AND success;
```

Но есть одна проблема: предложение `WHERE` обращается к столбцу `success`, который отсутствует в результирующих столбцах индекса. Тем не менее сканирование только индекса возможно, так как плану не нужно перепроверять эту часть предложения `WHERE` во время выполнения: у всех записей, найденных в индексе, значение `success = true`, так что в плане его не нужно проверять явно. PostgreSQL версий 9.6 и новее распознает такую ситуацию и сможет произвести сканирование только по индексу, но старые версии неспособны на это.

11.10. Семейства и классы операторов

В определении индекса можно указать *класс операторов* для каждого столбца индекса.

```
CREATE INDEX имя ON таблица (столбец класс_оп [ ( параметры_класса_оп ) ] [параметры сортировки] [, ...]);
```

Класс операторов определяет, какие операторы будет использовать индекс для этого столбца. Например, индекс-B-дерево по столбцу `int4` будет использовать класс `int4_ops`; этот класс операторов включает операции со значениями типа `int4`. На практике часто достаточно принять класс операторов, назначенный для типа столбца классом по умолчанию. Однако для некоторых типов данных могут иметь смысл несколько разных вариантов индексирования и реализовать их как раз позволяют разные классы операторов. Например, комплексные числа можно сортировать как по вещественной части, так и по модулю. Получить два варианта индексов для них можно, определив два класса операторов для данного типа и выбрав соответствующий класс при создании индекса. Выбранный класс операторов задаст основной порядок сортировки данных (его можно уточнить, добавив параметры `COLLATE`, `ASC`/`DESC` и/или `NULLS FIRST`/`NULLS LAST`).

Помимо классов операторов по умолчанию есть ещё несколько встроенных:

- Классы операторов `text_pattern_ops`, `varchar_pattern_ops` и `bpchar_pattern_ops` поддерживают индексы-B-деревья для типов `text`, `varchar` и `char`, соответственно. От стандартных классов операторов они отличаются тем, что сравнивают значения по символам, не применяя правила сортировки, определённые локалью. Благодаря этому они подходят для запросов с поиском по шаблону (с `LIKE` и регулярными выражениями POSIX), когда локаль базы данных не стандартная «C». Например, вы можете проиндексировать столбец `varchar` так:

  ```
  CREATE INDEX test_index ON test_table (col varchar_pattern_ops);
  ```

  Заметьте, что при этом также следует создать индекс с классом операторов по умолчанию, если вы хотите ускорить запросы с обычными сравнениями `<`, `<=`, `>` и `>=` за счёт применения индексов. Классы операторов *xxx*_pattern_ops не подходят для таких сравнений. (Однако для проверки равенств эти классы операторов вполне пригодны.) В подобных случаях для одного столбца можно создать несколько индексов с разными классами операторов. Если же вы используете локаль C, классы операторов *xxx*_pattern_ops вам не нужны, так как для поиска по шаблону в локали C будет достаточно индексов с классом операторов по умолчанию.

Следующий запрос выводит список всех существующих классов операторов:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opc.opcname AS opclass_name,
       opc.opcintype::regtype AS indexed_type,
       opc.opcdefault AS is_default
    FROM pg_am am, pg_opclass opc
    WHERE opc.opcmethod = am.oid
    ORDER BY index_method, opclass_name;
```

Класс операторов на самом деле является всего лишь подмножеством большой структуры, называемой *семейством операторов*. В случаях, когда несколько типов данных ведут себя одинаково, часто имеет смысл определить операторы так, чтобы они могли использоваться с индексами сразу нескольких типов. Сделать это можно, сгруппировав классы операторов для этих типов в одном семействе операторов. Такие многоцелевые операторы, являясь членами семейства, не будут связаны с каким-либо одним его классом.

Расширенная версия предыдущего запроса показывает семейство операторов, к которому принадлежит каждый класс операторов:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opc.opcname AS opclass_name,
       opf.opfname AS opfamily_name,
       opc.opcintype::regtype AS indexed_type,
       opc.opcdefault AS is_default
    FROM pg_am am, pg_opclass opc, pg_opfamily opf
    WHERE opc.opcmethod = am.oid AND
          opc.opcfamily = opf.oid
    ORDER BY index_method, opclass_name;
```

Этот запрос выводит все существующие семейства операторов и все операторы, включённые в эти семейства:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opf.opfname AS opfamily_name,
       amop.amopopr::regoperator AS opfamily_operator
    FROM pg_am am, pg_opfamily opf, pg_amop amop
    WHERE opf.opfmethod = am.oid AND
          amop.amopfamily = opf.oid
    ORDER BY index_method, opfamily_name, opfamily_operator;
```

Подсказка

В psql есть команды \dAc, \dAf и \dAo, которые выводят более усовершенствованные версии этих запросов.

11.11. Индексы и правила сортировки

Один индекс может поддерживать только одно правило сортировки для индексируемого столбца. Поэтому при необходимости применять разные правила сортировки могут потребоваться несколько индексов.

Рассмотрим следующие операторы:

```
CREATE TABLE test1c (
    id integer,
    content varchar COLLATE "x"
);

CREATE INDEX test1c_content_index ON test1c (content);
```

Этот индекс автоматически использует правило сортировки нижележащего столбца. И запрос вида

```
SELECT * FROM test1c WHERE content > константа;
```

сможет использовать этот индекс, так как при сравнении по умолчанию будет действовать правило сортировки столбца. Однако этот индекс не поможет ускорить запросы с каким-либо другим правилом сортировки. Поэтому, если интерес представляют также и запросы вроде

```
SELECT * FROM test1c WHERE content > константа COLLATE "y";
```

для них можно создать дополнительный индекс, поддерживающий правило сортировки "y", примерно так:

```
CREATE INDEX test1c_content_y_index ON test1c (content COLLATE "y");
```

11.12. Контроль использования индексов

Хотя индексы в PostgreSQL не требуют какого-либо обслуживания или настройки, это не избавляет от необходимости проверять, как и какие индексы используются на самом деле в реальных условиях. Узнать, как отдельный запрос использует индексы, можно с помощью команды EXPLAIN; её применение для этих целей описывается в Разделе 14.1. Также возможно собрать общую статистику об использовании индексов на работающем сервере, как описано в Разделе 27.2.

Вывести универсальную формулу, определяющую, какие индексы нужно создавать, довольно сложно, если вообще возможно. В предыдущих разделах рассматривались некоторые типовые ситуации, иллюстрирующие подходы к этому вопросу. Часто найти ответ на него помогают эксперименты. Ниже приведены ещё несколько советов:

- Всегда начинайте исследование с ANALYZE. Эта команда собирает статистические данные о распределении значений в таблице, которые необходимы для оценивания числа строк, возвращаемых запросов. А это число, в свою очередь, нужно планировщику, чтобы оценить реальные затраты для всевозможных планов выполнения запроса. Не имея реальной статистики, планировщик будет вынужден принять некоторые значения по умолчанию, которые почти наверняка не будут соответствовать действительности. Поэтому понять, как индекс используется приложением без предварительного запуска `ANALYZE`, практически невозможно. Подробнее это рассматривается в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.
- Используйте в экспериментах реальные данные. Анализируя работу системы с тестовыми данными, вы поймёте, какие индексы нужны для тестовых данных, но не более того.

  Особенно сильно искажают картину очень маленькие наборы тестовых данных. Тогда как для извлечения 1000 строк из 100000 может быть применён индекс, для выбора 1 из 100 он вряд ли потребуется, так как 100 строк скорее всего уместятся в одну страницу данных на диске и никакой другой план не будет лучше обычного сканирования 1 страницы.

  Тем не менее, пока приложение не эксплуатируется, создавать какие-то тестовые данные всё равно нужно, и это нужно делать обдуманно. Если вы наполняете базу данных очень близкими, или наоборот, случайными значениями, либо добавляете строки в отсортированном порядке, вы получите совсем не ту статистику распределения, что дадут реальные данные.
- Когда индексы не используются, ради тестирования может быть полезно подключить их принудительно. Для этого можно воспользоваться параметрами выполнения, позволяющими выключать различные типы планов (см. Подраздел 19.7.1). Например, выключив наиболее простые планы: последовательное сканирование (`enable_seqscan`) и соединения с вложенными циклами (`enable_nestloop`), вы сможете заставить систему выбрать другой план. Если же си-

стема продолжает выполнять сканирование или соединение с вложенными циклами, вероятно, у неё есть более серьёзная причина не использовать индекс; например, индекс может не соответствовать условию запроса. (Какие индексы работают в запросах разных типов, обсуждалось в предыдущих разделах.)

- Если система начинает использовать индекс только под принуждением, тому может быть две причины: либо система права и применять индекс в самом деле неэффективно, либо оценка стоимости применения индекса не соответствует действительности. В этом случае вам следует замерить время выполнения запроса с индексами и без них. В анализе этой ситуации может быть полезна команда `EXPLAIN ANALYZE`.
- Если выясняется, что оценка стоимости неверна, это может иметь тоже два объяснения. Общая стоимость вычисляется как произведение цены каждого узла плана для одной строки и оценки избирательности узла плана. Цены узлов при необходимости можно изменить параметрами выполнения (описанными в Подразделе 19.7.2). С другой стороны, оценка избирательности может быть неточной из-за некачественной статистики. Улучшить её можно, настроив параметры сбора статистики (см. ALTER TABLE).

Если ваши попытки скорректировать стоимость планов не увенчаются успехом, возможно вам останется только явно заставить систему использовать нужный индекс. Вероятно, имеет смысл также связаться с разработчиками PostgreSQL, чтобы прояснить ситуацию.

Глава 12. Полнотекстовый поиск

12.1. Введение

Полнотекстовый поиск (или просто *поиск текста*) — это возможность находить *документы* на естественном языке, соответствующие *запросу*, и, возможно, дополнительно сортировать их по релевантности для этого запроса. Наиболее распространённая задача — найти все документы, содержащие *слова запроса*, и выдать их отсортированными по степени *соответствия* запросу. Понятия `запроса` и `соответствия` довольно расплывчаты и зависят от конкретного приложения. В самом простом случае `запросом` считается набор слов, а `соответствие` определяется частотой слов в документе.

Операторы текстового поиска существуют в СУБД уже многие годы. В PostgreSQL для текстовых типов данных есть операторы `~`, `~*`, `LIKE` и `ILIKE`, но им не хватает очень важных вещей, которые требуются сегодня от информационных систем:

- Нет поддержки лингвистической функциональности, даже для английского языка. Возможности регулярных выражений ограничены — они не рассчитаны на работу со словоформами, например, `подходят` и `подходить`. С ними вы можете пропустить документы, которые содержат `подходят`, но, вероятно, и они представляют интерес при поиске по ключевому слову `подходить`. Конечно, можно попытаться перечислить в регулярном выражении все варианты слова, но это будет очень трудоёмко и чревато ошибками (некоторые слова могут иметь десятки словоформ).
- Они не позволяют упорядочивать результаты поиска (по релевантности), а без этого поиск неэффективен, когда находятся сотни подходящих документов.
- Они обычно выполняются медленно из-за отсутствия индексов, так как при каждом поиске приходится просматривать все документы.

Полнотекстовая индексация заключается в *предварительной обработке* документов и сохранении индекса для последующего быстрого поиска. Предварительная обработка включает следующие операции:

Разбор документов на фрагменты. При этом полезно выделить различные классы фрагментов, например, числа, слова, словосочетания, почтовые адреса и т. д., которые будут обрабатываться по-разному. В принципе классы фрагментов могут зависеть от приложения, но для большинства применений вполне подойдёт предопределённый набор классов. Эту операцию в PostgreSQL выполняет *анализатор* (parser). Вы можете использовать как стандартный анализатор, так и создавать свои, узкоспециализированные.

Преобразование фрагментов в лексемы. Лексема — это *нормализованный* фрагмент, в котором разные словоформы приведены к одной. Например, при нормализации буквы верхнего регистра приводятся к нижнему, а из слов обычно убираются окончания (в частности, `s` или `es` в английском). Благодаря этому можно находить разные формы одного слова, не вводя вручную все возможные варианты. Кроме того, на данном шаге обычно исключаются *стоп-слова*, то есть слова, настолько распространённые, что искать их нет смысла. (Другими словами, фрагменты представляют собой просто подстроки текста документа, а лексемы — это слова, имеющие ценность для индексации и поиска.) Для выполнения этого шага в PostgreSQL используются *словари*. Набор существующих стандартных словарей при необходимости можно расширять, создавая свои собственные.

Хранение документов в форме, подготовленной для поиска. Например, каждый документ может быть представлен в виде сортированного массива нормализованных лексем. Помимо лексем часто желательно хранить информацию об их положении для *ранжирования по близости*, чтобы документ, в котором слова запроса расположены «плотнее», получал более высокий ранг, чем документ с разбросанными словами.

Словари позволяют управлять нормализацией фрагментов с большой гибкостью. Создавая словари, можно:

- Определять стоп-слова, которые не будут индексироваться.

- Сопоставлять синонимы с одним словом, используя Ispell.
- Сопоставлять словосочетания с одним словом, используя тезаурус.
- Сопоставлять различные склонения слова с канонической формой, используя словарь Ispell.
- Сопоставлять различные склонения слова с канонической формой, используя стеммер Snowball.

Для хранения подготовленных документов в PostgreSQL предназначен тип данных `tsvector`, а для представления обработанных запросов — тип `tsquery` (Раздел 8.11). С этими типами данных работают целый ряд функций и операторов (Раздел 9.13), и наиболее важный из них — оператор соответствия `@@`, с которым мы познакомимся в Подразделе 12.1.2. Для ускорения полнотекстового поиска могут применяться индексы (Раздел 12.9).

12.1.1. Что такое документ?

Документ — это единица обработки в системе полнотекстового поиска; например, журнальная статья или почтовое сообщение. Система поиска текста должна уметь разбирать документы и сохранять связи лексем (ключевых слов) с содержащим их документом. Впоследствии эти связи могут использоваться для поиска документов с заданными ключевыми словами.

В контексте поиска в PostgreSQL документ — это обычно содержимое текстового поля в строке таблицы или, возможно, сочетание (объединение) таких полей, которые могут храниться в разных таблицах или формироваться динамически. Другими словами, документ для индексации может создаваться из нескольких частей и не храниться где-либо как единое целое. Например:

```
SELECT title || ' ' ||  author || ' ' ||  abstract || ' ' || body AS document
FROM messages
WHERE mid = 12;

SELECT m.title || ' ' || m.author || ' ' || m.abstract || ' ' || d.body AS document
FROM messages m, docs d
WHERE m.mid = d.did AND m.mid = 12;
```

Примечание

На самом деле в этих примерах запросов следует использовать функцию `coalesce`, чтобы значение `NULL` в каком-либо одном атрибуте не привело к тому, что результирующим документом окажется `NULL`.

Документы также можно хранить в обычных текстовых файлах в файловой системе. В этом случае база данных может быть просто хранилищем полнотекстового индекса и исполнителем запросов, а найденные документы будут загружаться из файловой системы по некоторым уникальным идентификаторам. Однако для загрузки внешних файлов требуются права суперпользователя или поддержка специальных функций, так что это обычно менее удобно, чем хранить все данные внутри БД PostgreSQL. Кроме того, когда всё хранится в базе данных, это упрощает доступ к метаданным документов при индексации и выводе результатов.

Для нужд текстового поиска каждый документ должен быть сведён к специальному формату `tsvector`. Поиск и ранжирование выполняется исключительно с этим представлением документа — исходный текст потребуется извлечь, только когда документ будет отобран для вывода пользователю. Поэтому мы часто подразумеваем под `tsvector` документ, тогда как этот тип, конечно, содержит только компактное представление всего документа.

12.1.2. Простое соответствие текста

Полнотекстовый поиск в PostgreSQL реализован на базе оператора соответствия `@@`, который возвращает `true`, если `tsvector` (документ) соответствует `tsquery` (запросу). Для этого оператора не важно, какой тип записан первым:

```
SELECT 'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector @@ 'cat & rat'::tsquery;
 ?column?
```

```
----------
 t

SELECT 'fat & cow'::tsquery @@ 'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector;
 ?column?
----------
 f
```

Как можно догадаться из этого примера, `tsquery` — это не просто текст, как и `tsvector`. Значение типа `tsquery` содержит искомые слова, это должны быть уже нормализованные лексемы, возможно объединённые в выражение операторами И, ИЛИ, НЕ и ПРЕДШЕСТВУЕТ. (Подробнее синтаксис описан в Подразделе 8.11.2.) Вы можете воспользоваться функциями `to_tsquery`, `plainto_tsquery` и `phraseto_tsquery`, которые могут преобразовать заданный пользователем текст в значение `tsquery`, прежде всего нормализуя слова в этом тексте. Функция `to_tsvector` подобным образом может разобрать и нормализовать текстовое содержимое документа. Так что запрос с поиском соответствия на практике выглядит скорее так:

```
SELECT to_tsvector('fat cats ate fat rats') @@ to_tsquery('fat & rat');
 ?column?
----------
 t
```

Заметьте, что соответствие не будет обнаружено, если запрос записан как

```
SELECT 'fat cats ate fat rats'::tsvector @@ to_tsquery('fat & rat');
 ?column?
----------
 f
```

так как слово `rats` не будет нормализовано. Элементами `tsvector` являются лексемы, предположительно уже нормализованные, так что `rats` считается не соответствующим `rat`.

Оператор `@@` также может принимать типы `text`, позволяя опустить явные преобразования текстовых строк в типы `tsvector` и `tsquery` в простых случаях. Всего есть четыре варианта этого оператора:

```
tsvector @@ tsquery
tsquery  @@ tsvector
text @@ tsquery
text @@ text
```

Первые два мы уже видели раньше. Форма `text@@tsquery` равнозначна выражению `to_tsvector(x) @@ y`, а форма `text@@text` — выражению `to_tsvector(x) @@ plainto_tsquery(y)`.

В значении `tsquery` оператор `&` (И) указывает, что оба его операнда должны присутствовать в документе, чтобы он удовлетворял запросу. Подобным образом, оператор `|` (ИЛИ) указывает, что в документе должен присутствовать минимум один из его операндов, тогда как оператор `!` (НЕ) указывает, что его операнд *не* должен присутствовать, чтобы условие удовлетворялось. Например, запросу `fat & ! rat` соответствуют документы, содержащие `fat` и не содержащие `rat`.

Фразовый поиск возможен с использованием оператора `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery`, который находит соответствие, только если его операнды расположены рядом и в заданном порядке. Например:

```
SELECT to_tsvector('fatal error') @@ to_tsquery('fatal <-> error');
 ?column?
----------
 t

SELECT to_tsvector('error is not fatal') @@ to_tsquery('fatal <-> error');
 ?column?
----------
```

```
 f
```

Более общая версия оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ имеет вид `<N>`, где `N` — целое число, выражающее разность между позициями найденных лексем. Запись `<1>` равнозначна `<->`, тогда как `<2>` допускает существование ровно одной лексемы между этими лексемами и т. д. Функция `phraseto_tsquery` задействует этот оператор для конструирования `tsquery`, который может содержать многословную фразу, включающую в себя стоп-слова. Например:

```
SELECT phraseto_tsquery('cats ate rats');
       phraseto_tsquery
-------------------------------
 'cat' <-> 'ate' <-> 'rat'

SELECT phraseto_tsquery('the cats ate the rats');
       phraseto_tsquery
-------------------------------
 'cat' <-> 'ate' <2> 'rat'
```

Особый случай, который иногда бывает полезен, представляет собой запись `<0>`, требующая, чтобы обоим лексемам соответствовало одно слово.

Сочетанием операторов `tsquery` можно управлять, применяя скобки. Без скобок операторы имеют следующие приоритеты, в порядке возрастания: `|`, `&`, `<->` и самый приоритетный — `!`.

Стоит отметить, что операторы И/ИЛИ/НЕ имеют несколько другое значение, когда они применяются в аргументах оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ, так как в этом случае имеет значение точная позиция совпадения. Например, обычному `!x` соответствуют только документы, не содержащие `x` нигде. Но условию `!x <-> y` соответствует `y`, если оно не следует непосредственно за `x`; при вхождении `x` в любом другом месте документа он не будет исключаться из рассмотрения. Другой пример: для условия `x & y` обычно требуется, чтобы и `x`, и `y` встречались в каком-то месте документа, но для выполнения условия `(x & y) <-> z` требуется, чтобы `x` и `y` располагались в одном месте, непосредственно перед `z`. Таким образом, этот запрос отличается от `x <-> z & y <-> z`, которому удовлетворяют документы, содержащие две отдельные последовательности `x z` и `y z`. (Этот конкретный запрос в таком виде, как он записан, не имеет смысла, так как `x` и `y` не могут находиться в одном месте; но в более сложных ситуациях, например, с шаблонами поиска по маске, запросы этого вида могут быть полезны.)

12.1.3. Конфигурации

До этого мы рассматривали очень простые примеры поиска текста. Как было упомянуто выше, весь функционал текстового поиска позволяет делать гораздо больше: пропускать определённые слова (стоп-слова), обрабатывать синонимы и выполнять сложный анализ слов, например, выделять фрагменты не только по пробелам. Все эти функции управляются *конфигурациями текстового поиска*. В PostgreSQL есть набор предопределённых конфигураций для многих языков, но вы также можете создавать собственные конфигурации. (Все доступные конфигурации можно просмотреть с помощью команды `\dF` в psql.)

Подходящая конфигурация для данной среды выбирается во время установки и записывается в параметре default_text_search_config в `postgresql.conf`. Если вы используете для всего кластера одну конфигурацию текстового поиска, вам будет достаточно этого параметра в `postgresql.conf`. Если же требуется использовать в кластере разные конфигурации, но для каждой базы данных одну определённую, её можно задать командой `ALTER DATABASE ... SET`. В противном случае конфигурацию можно выбрать в рамках сеанса, определив параметр `default_text_search_config`.

У каждой функции текстового поиска, зависящей от конфигурации, есть необязательный аргумент `regconfig`, в котором можно явно указать конфигурацию для данной функции. Значение `default_text_search_config` используется, только когда этот аргумент опущен.

Для упрощения создания конфигураций текстового поиска они строятся из более простых объектов. В PostgreSQL есть четыре типа таких объектов:

- *Анализаторы текстового поиска* разделяют документ на фрагменты и классифицируют их (например, как слова или числа).
- *Словари текстового поиска* приводят фрагменты к нормализованной форме и отбрасывают стоп-слова.
- *Шаблоны текстового поиска* предоставляют функции, образующие реализацию словарей. (При создании словаря просто задаётся шаблон и набор параметров для него.)
- *Конфигурации текстового поиска* выбирают анализатор и набор словарей, который будет использоваться для нормализации фрагментов, выданных анализатором.

Анализаторы и шаблоны текстового поиска строятся из низкоуровневых функций на языке C; чтобы создать их, нужно программировать на C, а подключить их к базе данных может только суперпользователь. (В подкаталоге `contrib/` инсталляции PostgreSQL можно найти примеры дополнительных анализаторов и шаблонов.) Так как словари и конфигурации представляют собой просто наборы параметров, связывающие анализаторы и шаблоны, их можно создавать, не имея административных прав. Далее в этой главе будут приведены примеры их создания.

12.2. Таблицы и индексы

В предыдущем разделе приводились примеры, которые показывали, как можно выполнить сопоставление с простыми текстовыми константами. В этом разделе показывается, как находить текст в таблице, возможно с применением индексов.

12.2.1. Поиск в таблице

Полнотекстовый поиск можно выполнить, не применяя индекс. Следующий простой запрос выводит заголовок (`title`) каждой строки, содержащей слово `friend` в поле `body`:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector('english', body) @@ to_tsquery('english', 'friend');
```

При этом также будут найдены связанные слова, такие как `friends` и `friendly`, так как все они сводятся к одной нормализованной лексеме.

В показанном выше примере для разбора и нормализации строки явно выбирается конфигурация `english`. Хотя параметры, задающие конфигурацию, можно опустить:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector(body) @@ to_tsquery('friend');
```

Такой запрос будет использовать конфигурацию, заданную в параметре default_text_search_config.

В следующем более сложном примере выбираются десять документов, изменённых последними, со словами `create` и `table` в полях `title` или `body`:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector(title || ' ' || body) @@ to_tsquery('create & table')
ORDER BY last_mod_date DESC
LIMIT 10;
```

Чтобы найти строки, содержащие `NULL` в одном из полей, нужно воспользоваться функцией `coalesce`, но здесь мы опустили её вызовы для краткости.

Хотя такие запросы будут работать и без индекса, для большинства приложений скорость будет неприемлемой; этот подход рекомендуется только для нерегулярного поиска и динамического содержимого. Для практического применения полнотекстового поиска обычно создаются индексы.

12.2.2. Создание индексов

Для ускорения текстового поиска мы можем создать индекс GIN (см. Раздел 12.9):

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector('english', body));
```

Заметьте, что здесь используется функция `to_tsvector` с двумя аргументами. В выражениях, определяющих индексы, можно использовать только функции, в которых явно задаётся имя конфигурации текстового поиска (см. Раздел 11.7). Это объясняется тем, что содержимое индекса не должно зависеть от значения параметра default_text_search_config. В противном случае содержимое индекса может быть неактуальным, если разные его элементы `tsvector` будут создаваться с разными конфигурациями текстового поиска и нельзя будет понять, какую именно использовать. Выгрузить и восстановить такой индекс будет невозможно.

Так как при создании индекса использовалась версия `to_tsvector` с двумя аргументами, этот индекс будет использоваться только в запросах, где `to_tsvector` вызывается с двумя аргументами и во втором передаётся имя той же конфигурации. То есть, `WHERE to_tsvector('english', body) @@ 'a & b'` сможет использовать этот индекс, а `WHERE to_tsvector(body) @@ 'a & b'` — нет. Это гарантирует, что индекс будет использоваться только с той конфигурацией, с которой создавались его элементы.

Индекс можно создать более сложным образом, определив для него имя конфигурации в другом столбце таблицы, например:

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector(config_name, body));
```

где `config_name` — имя столбца в таблице `pgweb`. Так можно сохранить имя конфигурации, связанной с элементом индекса, и, таким образом, иметь в одном индексе элементы с разными конфигурациями. Это может быть полезно, например, когда в коллекции документов хранятся документы на разных языках. И в этом случае в запросах должен использоваться тот же индекс (с таким же образом задаваемой конфигурацией), например, так: `WHERE to_tsvector(config_name, body) @@ 'a & b'`.

Индексы могут создаваться даже по объединению столбцов:

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector('english', title || ' ' ||
 body));
```

Ещё один вариант — создать отдельный столбец `tsvector`, в котором сохранить результат `to_tsvector`. Чтобы этот столбец автоматически синхронизировался с исходными данными, он создаётся как сохранённый генерируемый столбец. Следующий пример показывает, как можно подготовить для индексации объединённое содержимое столбцов `title` и `body`, применив функцию `coalesce` для получения желаемого результата, даже когда один из столбцов `NULL`:

```
ALTER TABLE pgweb
    ADD COLUMN textsearchable_index_col tsvector
               GENERATED ALWAYS AS (to_tsvector('english', coalesce(title, '') || ' '
 || coalesce(body, ''))) STORED;
```

Затем мы создаём индекс GIN для ускорения поиска:

```
CREATE INDEX textsearch_idx ON pgweb USING GIN (textsearchable_index_col);
```

Теперь мы можем быстро выполнять полнотекстовый поиск:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE textsearchable_index_col @@ to_tsquery('create & table')
ORDER BY last_mod_date DESC
LIMIT 10;
```

Хранение вычисленного выражения индекса в отдельном столбце даёт ряд преимуществ. Во-первых, для использования индекса в запросах не нужно явно указывать имя конфигурации текстового поиска. Как показано в вышеприведённом примере, в этом случае запрос может зависеть от `default_text_search_config`. Во-вторых, поиск выполняется быстрее, так как для проверки соответствия данных индексу не нужно повторно выполнять `to_tsvector`. (Это актуально больше для индексов GiST, чем для GIN; см. Раздел 12.9.) С другой стороны, схему с индексом по выражению проще реализовать и она позволяет сэкономить место на диске, так как представление `tsvector` не хранится явно.

12.3. Управление текстовым поиском

Для реализации полнотекстового поиска необходимы функции, позволяющие создать tsvector из документа и tsquery из запроса пользователя. Кроме того, результаты нужно выдавать в удобном порядке, так что нам потребуется функция, оценивающая релевантность документа для данного запроса. Важно также иметь возможность выводить найденный текст подходящим образом. В PostgreSQL есть все необходимые для этого функции.

12.3.1. Разбор документов

Для преобразования документа в тип tsvector PostgreSQL предоставляет функцию to_tsvector.

```
to_tsvector([конфигурация regconfig,] документ text) returns tsvector
```

to_tsvector разбирает текстовый документ на фрагменты, сводит фрагменты к лексемам и возвращает значение tsvector, в котором перечисляются лексемы и их позиции в документе. При обработке документа используется указанная конфигурация текстового поиска или конфигурация по умолчанию. Простой пример:

```
SELECT to_tsvector('english', 'a fat  cat sat on a mat - it ate a fat rats');
                  to_tsvector
-----------------------------------------------------
 'ate':9 'cat':3 'fat':2,11 'mat':7 'rat':12 'sat':4
```

В этом примере мы видим, что результирующий tsvector не содержит слова a, on и it, слово rats превратилось rat, а знак препинания «-» был проигнорирован.

Функция to_tsvector внутри вызывает анализатор, который разбивает текст документа на фрагменты и классифицирует их. Для каждого фрагмента она проверяет список словарей (Раздел 12.6), определяемый типом фрагмента. Первый же словарь, *распознавший* фрагмент, выдаёт одну или несколько представляющих его *лексем*. Например, rats превращается в rat, так как один из словарей понимает, что слово rats — это слово rat во множественном числе. Некоторое слова распознаются как *стоп-слова* (Подраздел 12.6.1) и игнорируются как слова, фигурирующие в тексте настолько часто, что искать их бессмысленно. В нашем примере это a, on и it. Если фрагмент не воспринимается ни одним словарём из списка, он так же игнорируется. В данном примере это происходит со знаком препинания -, так как с таким типом фрагмента (символы-разделители) не связан никакой словарь и значит такие фрагменты никогда не будут индексироваться. Выбор анализатора, словарей и индексируемых типов фрагментов определяется конфигурацией текстового поиска (Раздел 12.7). В одной базе данных можно использовать разные конфигурации, в том числе, предопределённые конфигурации для разных языков. В нашем примере мы использовали конфигурацию по умолчанию для английского языка — english.

Для назначения элементам tsvector разных *весов* используется функция setweight. Вес элемента задаётся буквой A, B, C или D. Обычно это применяется для обозначения важности слов в разных частях документа, например в заголовке или в теле документа. Затем эта информация может использоваться при ранжировании результатов поиска.

Так как to_tsvector(NULL) вернёт NULL, мы советуем использовать coalesce везде, где соответствующее поле может быть NULL. Создавать tsvector из структурированного документа рекомендуется так:

```
UPDATE tt SET ti =
    setweight(to_tsvector(coalesce(title,'')), 'A')    ||
    setweight(to_tsvector(coalesce(keyword,'')), 'B')  ||
    setweight(to_tsvector(coalesce(abstract,'')), 'C') ||
    setweight(to_tsvector(coalesce(body,'')), 'D');
```

Здесь мы использовали setweight для пометки происхождения каждой лексемы в сформированных значениях tsvector и объединили помеченные значения с помощью оператора конкатенации типов tsvector ||. (Подробнее эти операции рассматриваются в Подразделе 12.4.1.)

12.3.2. Разбор запросов

PostgreSQL предоставляет функции `to_tsquery`, `plainto_tsquery`, `phraseto_tsquery` и `websearch_to_tsquery` для приведения запроса к типу `tsquery`. Функция `to_tsquery` даёт больше возможностей, чем `plainto_tsquery` или `phraseto_tsquery`, но более строга к входным данным. Функция `websearch_to_tsquery` представляет собой упрощённую версию `to_tsquery` с альтернативным синтаксисом, подобным тому, что принят в поисковых системах в Интернете.

`to_tsquery([`*конфигурация*` regconfig,] `*текст_запроса*` text) returns tsquery`

`to_tsquery` создаёт значение `tsquery` из *текста_запроса*, который может состоять из простых фрагментов, разделённых логическими операторами `tsquery`: `&` (И), `|` (ИЛИ), `!` (НЕ) и `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ), возможно, сгруппированных скобками. Другими словами, входное значение для `to_tsquery` должно уже соответствовать общим правилам для значений `tsquery`, описанным в Подразделе 8.11.2. Различие их состоит в том, что во вводимом в `tsquery` значении фрагменты воспринимаются буквально, тогда как `to_tsquery` нормализует фрагменты, приводя их к лексемам, используя явно указанную или подразумеваемую конфигурацию, и отбрасывая стоп-слова. Например:

```
SELECT to_tsquery('english', 'The & Fat & Rats');
  to_tsquery
---------------
 'fat' & 'rat'
```

Как и при вводе значения `tsquery`, для каждой лексемы можно задать вес(а), чтобы при поиске можно было выбрать из `tsvector` только лексемы с заданными весами. Например:

```
SELECT to_tsquery('english', 'Fat | Rats:AB');
    to_tsquery
------------------
 'fat' | 'rat':AB
```

К лексеме также можно добавить `*`, определив таким образом условие поиска по префиксу:

```
SELECT to_tsquery('supern:*A & star:A*B');
        to_tsquery
--------------------------
 'supern':*A & 'star':*AB
```

Такая лексема будет соответствовать любому слову в `tsvector`, начинающемуся с данной подстроки.

`to_tsquery` может также принимать фразы в апострофах. Это полезно в основном когда конфигурация включает тезаурус, который может обрабатывать такие фразы. В показанном ниже примере предполагается, что тезаурус содержит правило `supernovae stars : sn`:

```
SELECT to_tsquery('''supernovae stars'' & !crab');
  to_tsquery
---------------
 'sn' & !'crab'
```

Если убрать эти апострофы, `to_tsquery` не примет фрагменты, не разделённые операторами И, ИЛИ и ПРЕДШЕСТВУЕТ, и выдаст синтаксическую ошибку.

`plainto_tsquery([`*конфигурация*` regconfig,] `*текст_запроса*` text) returns tsquery`

`plainto_tsquery` преобразует неформатированный *текст_запроса* в значение `tsquery`. Текст разбирается и нормализуется подобно тому, как это делает `to_tsvector`, а затем между оставшимися словами вставляются операторы `&` (И) типа `tsquery`.

Пример:

```
SELECT plainto_tsquery('english', 'The Fat Rats');
 plainto_tsquery
```

```
-----------------
 'fat' & 'rat'
```

Заметьте, что plainto_tsquery не распознает во входной строке операторы tsquery, метки весов или обозначения префиксов:

```
SELECT plainto_tsquery('english', 'The Fat & Rats:C');
   plainto_tsquery
---------------------
 'fat' & 'rat' & 'c'
```

В данном случае все знаки пунктуации были отброшены.

phraseto_tsquery([*конфигурация* regconfig,] *текст_запроса* text) returns tsquery

phraseto_tsquery ведёт себя подобно plainto_tsquery, за исключением того, что она вставляет между оставшимися словами оператор <-> (ПРЕДШЕСТВУЕТ) вместо оператора & (И). Кроме того, стоп-слова не просто отбрасываются, а подсчитываются, и вместо операторов <-> используются операторы <*N*> с подсчитанным числом. Эта функция полезна при поиске точных последовательностей лексем, так как операторы ПРЕДШЕСТВУЕТ проверяют не только наличие всех лексем, но и их порядок.

Пример:

```
SELECT phraseto_tsquery('english', 'The Fat Rats');
 phraseto_tsquery
------------------
 'fat' <-> 'rat'
```

Как и plainto_tsquery, функция phraseto_tsquery не распознает во входной строке операторы типа tsquery, метки весов или обозначения префиксов:

```
SELECT phraseto_tsquery('english', 'The Fat & Rats:C');
      phraseto_tsquery
-----------------------------
 'fat' <-> 'rat' <-> 'c'
```

websearch_to_tsquery([*конфигурация* regconfig,] *текст_запроса* text) returns tsquery

Функция websearch_to_tsquery создаёт значение tsquery из *текста_запроса*, используя альтернативный синтаксис, в котором запрос задаётся просто неформатированным текстом. В отличие от plainto_tsquery и phraseto_tsquery, она также принимает определённые операторы. Более того, эта функция никогда не выдаёт синтаксические ошибки, что позволяет осуществлять поиск по произвольному заданному пользователем запросу. Она поддерживает следующий синтаксис:

- текст не в кавычках: текст, не заключённый в кавычки, который будет преобразован в слова, разделяемые операторами &, как его восприняла бы функция plainto_tsquery.
- "текст в кавычках": текст, заключённый в кавычки, будет преобразован в слова, разделяемые операторами <->, как его восприняла бы функция phraseto_tsquery.
- OR: слово «or» будет преобразовано в оператор |.
- -: знак минуса будет преобразован в оператор !.

Другая пунктуация игнорируется. Поэтому функция websearch_to_tsquery, как и plainto_tsquery с phraseto_tsquery, не распознаёт во входной строке операторы tsquery, метки весов или обозначения префиксов.

Примеры:

```
SELECT websearch_to_tsquery('english', 'The fat rats');
 websearch_to_tsquery
----------------------
 'fat' & 'rat'
(1 row)
```

```
SELECT websearch_to_tsquery('english', '"supernovae stars" -crab');
       websearch_to_tsquery
----------------------------------
 'supernova' <-> 'star' & !'crab'
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', '"sad cat" or "fat rat"');
       websearch_to_tsquery
-----------------------------------
 'sad' <-> 'cat' | 'fat' <-> 'rat'
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', 'signal -"segmentation fault"');
         websearch_to_tsquery
---------------------------------------
 'signal' & !( 'segment' <-> 'fault' )
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', '""" )( dummy \\ query <->');
 websearch_to_tsquery
----------------------
 'dummi' & 'queri'
(1 row)
```

12.3.3. Ранжирование результатов поиска

Ранжирование документов можно представить как попытку оценить, насколько они релевантны заданному запросу и отсортировать их так, чтобы наиболее релевантные выводились первыми. В PostgreSQL встроены две функции ранжирования, принимающие во внимание лексическую, позиционную и структурную информацию; то есть, они учитывают, насколько часто и насколько близко встречаются в документе ключевые слова и какова важность содержащей их части документа. Однако само понятие релевантности довольно размытое и во многом определяется приложением. Приложения могут использовать для ранжирования и другую информацию, например, время изменения документа. Встроенные функции ранжирования можно рассматривать лишь как примеры реализации. Для своих конкретных задач вы можете разработать собственные функции ранжирования и/или учесть при обработке их результатов дополнительные факторы.

Ниже описаны две встроенные функции ранжирования:

`ts_rank([`*`веса`*` float4[],] `*`вектор`*` tsvector, `*`query`*` tsquery [, `*`нормализация`*` integer]) returns float4`

Ранжирует векторы по частоте найденных лексем.

`ts_rank_cd([`*`веса`*` float4[],] `*`вектор`*` tsvector, `*`query`*` tsquery [, `*`нормализация`*` integer]) returns float4`

Эта функция вычисляет *плотность покрытия* для данного вектора документа и запроса, используя метод, разработанный Кларком, Кормаком и Тадхоуп и описанный в статье «Relevance Ranking for One to Three Term Queries» в журнале «Information Processing and Management» в 1999 г. Плотность покрытия вычисляется подобно рангу `ts_rank`, но в расчёт берётся ещё и близость соответствующих лексем друг к другу.

Для вычисления результата этой функции требуется информация о позиции лексем. Поэтому она игнорируют «очищенные» от этой информации лексемы в `tsvector`. Если во входных данных нет неочищенных лексем, результат будет равен нулю. (За дополнительными сведениями о функции `strip` и позиционной информации в данных `tsvector` обратитесь к Подразделу 12.4.1.)

Для обеих этих функций аргумент *`веса`* позволяет придать больший или меньший вес словам, в зависимости от их меток. В передаваемом массиве весов определяется, насколько весома каждая категория слов, в следующем порядке:

```
{вес D, вес C, вес B, вес A}
```

Если этот аргумент опускается, подразумеваются следующие значения:

```
{0.1, 0.2, 0.4, 1.0}
```

Обычно весами выделяются слова из особых областей документа, например из заголовка или краткого введения, с тем, чтобы эти слова считались более и менее значимыми, чем слова в основном тексте документа.

Так как вероятность найти ключевые слова увеличивается с размером документа, при ранжировании имеет смысл учитывать его, чтобы, например, документ с сотней слов, содержащий пять вхождений искомых слов, считался более релевантным, чем документ с тысячей слов и теми же пятью вхождениями. Обе функции ранжирования принимают целочисленный параметр *нормализации*, определяющий, как ранг документа будет зависеть от его размера. Этот параметр представляет собой битовую маску и управляет несколькими режимами: вы можете включить сразу несколько режимов, объединив значения оператором `|` (например так: `2|4`).

- 0 (по умолчанию): длина документа не учитывается
- 1: ранг документа делится на 1 + логарифм длины документа
- 2: ранг документа делится на его длину
- 4: ранг документа делится на среднее гармоническое расстояние между блоками (это реализовано только в `ts_rank_cd`)
- 8: ранг документа делится на число уникальных слов в документе
- 16: ранг документа делится на 1 + логарифм числа уникальных слов в документе
- 32: ранг делится своё же значение + 1

Если включены несколько флагов, соответствующие операции выполняются в показанном порядке.

Важно заметить, что функции ранжирования не используют никакую внешнюю информацию, так что добиться нормализации до 1% или 100% невозможно, хотя иногда это желательно. Применив параметр 32 (`rank/(rank+1)`), можно свести все ранги к диапазону 0..1, но это изменение будет лишь косметическим, на порядке сортировки результатов это не отразится.

В данном примере выбираются десять найденных документов с максимальным рангом:

```
SELECT title, ts_rank_cd(textsearch, query) AS rank
FROM apod, to_tsquery('neutrino|(dark & matter)') query
WHERE query @@ textsearch
ORDER BY rank DESC
LIMIT 10;
                     title                     |   rank
-----------------------------------------------+----------
 Neutrinos in the Sun                          |      3.1
 The Sudbury Neutrino Detector                 |      2.4
 A MACHO View of Galactic Dark Matter          |  2.01317
 Hot Gas and Dark Matter                       |  1.91171
 The Virgo Cluster: Hot Plasma and Dark Matter |  1.90953
 Rafting for Solar Neutrinos                   |      1.9
 NGC 4650A: Strange Galaxy and Dark Matter     |  1.85774
 Hot Gas and Dark Matter                       |   1.6123
 Ice Fishing for Cosmic Neutrinos              |      1.6
 Weak Lensing Distorts the Universe            | 0.818218
```

Тот же пример с нормализованным рангом:

```
SELECT title, ts_rank_cd(textsearch, query, 32 /* rank/(rank+1) */ ) AS rank
FROM apod, to_tsquery('neutrino|(dark & matter)') query
WHERE  query @@ textsearch
ORDER BY rank DESC
LIMIT 10;
                     title                     |        rank
```

```
-------------------------------------------------+-------------------
 Neutrinos in the Sun                            | 0.756097569485493
 The Sudbury Neutrino Detector                   | 0.705882361190954
 A MACHO View of Galactic Dark Matter            | 0.668123210574724
 Hot Gas and Dark Matter                         |  0.65655958650282
 The Virgo Cluster: Hot Plasma and Dark Matter   | 0.656301290640973
 Rafting for Solar Neutrinos                     | 0.655172410958162
 NGC 4650A: Strange Galaxy and Dark Matter       | 0.650072921219637
 Hot Gas and Dark Matter                         | 0.617195790024749
 Ice Fishing for Cosmic Neutrinos                | 0.615384618911517
 Weak Lensing Distorts the Universe              | 0.450010798361481
```

Ранжирование может быть довольно дорогостоящей операцией, так как для вычисления ранга необходимо прочитать `tsvector` каждого подходящего документа и это займёт значительное время, если придётся обращаться к диску. К сожалению, избежать этого вряд ли возможно, так как на практике по многим запросам выдаётся большое количество результатов.

12.3.4. Выделение результатов

Представляя результаты поиска, в идеале нужно выделять часть документа и показывать, как он связан с запросом. Обычно поисковые системы показывают фрагменты документа с отмеченными искомыми словами. В PostgreSQL для реализации этой возможности представлена функция `ts_headline`.

```
ts_headline([конфигурация regconfig,] документ text, query tsquery [, параметры text])
 returns text
```

`ts_headline` принимает документ вместе с запросом и возвращает выдержку из документа, в которой выделяются слова из запроса. Применяемую для разбора документа конфигурацию можно указать в параметре *`config`*; если этот параметр опущен, применяется конфигурация `default_text_search_config`.

Если в параметрах передаётся строка *`options`*, она должна состоять из списка разделённых запятыми пар *`параметр=значение`*. Параметры могут быть следующими:

- `MaxWords`, `MinWords` (целочисленные): эти числа определяют нижний и верхний предел размера выдержки. Значения по умолчанию: 35 и 15, соответственно.
- `ShortWord` (целочисленный): слова такой длины или короче в начале и конце выдержки будут отбрасываться, за исключением искомых слов. Значение по умолчанию, равное 3, исключает распространённые английские артикли.
- `HighlightAll` (логический): при значении `true` выдержкой будет весь документ, и три предыдущие параметра игнорируются. Значение по умолчанию: `false`.
- `MaxFragments` (целочисленный): максимальное число выводимых текстовых фрагментов. Значение по умолчанию, равное нулю, выбирает режим создания выдержек без фрагментов. При положительном значении выбирается режим с фрагментами (см. ниже).
- `StartSel`, `StopSel`: строки, которые будут разграничивать слова запроса в документе, выделяя их среди остальных. Значения по умолчанию «`<b>`» и «`</b>`» подходят для отображения в формате HTML (однако обратите внимание на предупреждение ниже).
- `FragmentDelimiter` (строка): в случае, когда фрагментов несколько, они будут разделяться указанной строкой. Значение по умолчанию: « `...` ».

> **Предупреждение: защита от межсайтового скриптинга (XSS)**
>
> Безопасность вывода функции `ts_headline` для прямого включения в веб-страницы не гарантируется. Если для `HighlightAll` установлено значение `false` (по умолчанию), некоторые простые XML-теги удаляются из документа, но это не гарантирует удаление всей HTML-разметки. Таким образом это не даёт эффективную защиту от таких атак, как межсайтовый скриптинг (XSS), при работе с недоверенными вводными данными. Для защиты от таких атак

из передаваемого на вход документа необходимо удалять всю HTML-разметку или применять средства очистки HTML для вывода.

Имена этих параметров распознаются без учёта регистра. Значения, содержащие пробелы или запятые, должны заключаться в двойные кавычки.

В режиме формирования выдержек без фрагментов `ts_headline` находит вхождения слов заданного *запроса* и возвращает одно из вхождений, предпочитая те, что содержат как можно больше слов из запроса в пределах допустимого размера выдержки. В режиме с фрагментами `ts_headline` находит вхождения слов запроса и разделяет эти вхождения на «фрагменты», состоящие не более чем из `MaxWords` слов, предпочитая те, что содержат больше искомых слов, а затем может «растянуть» фрагменты, добавив в них соседние слова. Второй режим полезнее, когда слова запроса находятся не рядом, а разбросаны по документу, или когда желательно увидеть сразу несколько вхождений. В случаях, когда соответствие запросу найти не удаётся, в обоих режимах возвращаются первые `MinWords` слов из документа.

Пример использования:

```
SELECT ts_headline('english',
  'The most common type of search
is to find all documents containing given query terms
and return them in order of their similarity to the
query.',
  to_tsquery('english', 'query & similarity'));
                        ts_headline
------------------------------------------------------------
 containing given <b>query</b> terms                       +
 and return them in order of their <b>similarity</b> to the+
 <b>query</b>.

SELECT ts_headline('english',
  'Search terms may occur
many times in a document,
requiring ranking of the search matches to decide which
occurrences to display in the result.',
  to_tsquery('english', 'search & term'),
  'MaxFragments=10, MaxWords=7, MinWords=3, StartSel=<<, StopSel=>>');
                        ts_headline
------------------------------------------------------------
 <<Search>> <<terms>> may occur                            +
 many times ... ranking of the <<search>> matches to decide
```

Функция `ts_headline` работает с оригинальным документом, а не его сжатым представлением `tsvector`, так что она может быть медленной и использовать её следует осмотрительно.

12.4. Дополнительные возможности

В этом разделе описываются дополнительные функции и операторы, которые могут быть полезны при поиске текста.

12.4.1. Обработка документов

В Подразделе 12.3.1 показывалось, как обычные текстовые документы можно преобразовать в значения `tsvector`. PostgreSQL предлагает также набор функций и операторов для обработки документов, уже представленных в формате `tsvector`.

`tsvector || tsvector`

Оператор конкатенации значений `tsvector` возвращает вектор, объединяющий лексемы и позиционную информацию двух векторов, переданных ему в аргументах. В полученном результате сохраняются позиции и метки весов. При этом позиции в векторе справа сдвигаются на максимальное значение позиции в векторе слева, что почти равносильно применению `to_tsvector` к результату конкатенации двух исходных строк документов. (Почти, потому что стоп-слова, исключаемые в конце левого аргумента, при конкатенации исходных строк влияют на позиции лексем в правой части, а при конкатенации `tsvector` — нет.)

Преимущество же конкатенации документов в векторной форме по сравнению с конкатенацией текста до вызова `to_tsvector` заключается в том, что так можно разбирать разные части документа, применяя разные конфигурации. И так как функция `setweight` помечает все лексемы данного вектора одинаково, разбирать текст и выполнять `setweight` нужно до объединения разных частей документа с подразумеваемым разным весом.

`setweight(`*`вектор`*` tsvector, `*`вес`*` "char") returns tsvector`

`setweight` возвращает копию входного вектора, помечая в ней каждую позицию заданным *весом*, меткой `A`, `B`, `C` или `D`. (Метка `D` по умолчанию назначается всем векторам, так что при выводе она опускается.) Эти метки сохраняются при конкатенации векторов, что позволяет придавать разные веса словам из разных частей документа и, как следствие, ранжировать их по-разному.

Заметьте, что веса назначаются *позициям*, а не *лексемам*. Если входной вектор очищен от позиционной информации, `setweight` не делает ничего.

`length(`*`вектор`*` tsvector) returns integer`

Возвращает число лексем, сохранённых в векторе.

`strip(`*`вектор`*` tsvector) returns tsvector`

Возвращает вектор с теми же лексемами, что и в данном, но без информации о позиции и весе. Очищенный вектор обычно оказывается намного меньше исходного, но при этом и менее полезным. С очищенными векторами хуже работает ранжирование, а также оператор `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery` никогда не найдёт соответствие в них, так как не сможет определить расстояние между вхождениями лексем.

Полный список связанных с `tsvector` функций приведён в Таблице 9.42.

12.4.2. Обработка запросов

В Подразделе 12.3.2 показывалось, как обычные текстовые запросы можно преобразовывать в значения `tsquery`. PostgreSQL предлагает также набор функций и операторов для обработки запросов, уже представленных в формате `tsquery`.

`tsquery && tsquery`

Возвращает логическое произведение (AND) двух данных запросов.

`tsquery || tsquery`

Возвращает логическое объединение (OR) двух данных запросов.

`!! tsquery`

Возвращает логическое отрицание (NOT) данного запроса.

`tsquery <-> tsquery`

Возвращает запрос, который ищет соответствие первому данному запросу, за которым следует соответствие второму данному запросу, с применением оператора `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery`. Например:

```
SELECT to_tsquery('fat') <-> to_tsquery('cat | rat');
          ?column?
----------------------------
 'fat' <-> ( 'cat' | 'rat' )
```

`tsquery_phrase(`*`запрос1`*` tsquery, `*`запрос2`*` tsquery [, `*`расстояние`*` integer ]) returns tsquery`

Возвращает запрос, который ищет соответствие первому данному запросу, за которым следует соответствие второму данному запросу (точное число лексем между ними задаётся параметром *расстояние*), с применением оператора `<N>` типа `tsquery`. Например:

```
SELECT tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'), 10);
  tsquery_phrase
------------------
 'fat' <10> 'cat'
```

`numnode(`*`query`*` tsquery) returns integer`

Возвращает число узлов (лексем и операторов) в значении `tsquery`. Эта функция помогает определить, имеет ли смысл *запрос* (тогда её результат > 0) или он содержит только стоп-слова (тогда она возвращает 0). Примеры:

```
SELECT numnode(plainto_tsquery('the any'));
ЗАМЕЧАНИЕ:  запрос поиска текста игнорируется, так как содержит только стоп-слова
 или не содержит лексем
 numnode
---------
       0

SELECT numnode('foo & bar'::tsquery);
 numnode
---------
       3
```

`querytree(`*`query`*` tsquery) returns text`

Возвращает часть `tsquery`, которую можно использовать для поиска по индексу. Эта функция помогает выявить неиндексируемые запросы, к примеру такие, которые содержат только стоп-слова или условия отрицания. Например:

```
SELECT querytree(to_tsquery('defined'));
 querytree
-----------
 'defin'

SELECT querytree(to_tsquery('!defined'));
 querytree
-----------
 T
```

12.4.2.1. Перезапись запросов

Семейство запросов `ts_rewrite` ищет в данном `tsquery` вхождения целевого подзапроса и заменяет каждое вхождение указанной подстановкой. По сути эта операция похожа на замену подстроки в строке, только рассчитана на работу с `tsquery`. Сочетание целевого подзапроса с подстановкой можно считать *правилом перезаписи запроса*. Набор таких правил перезаписи может быть очень полезен при поиске. Например, вы можете улучшить результаты, добавив синонимы (например, `big apple`, `nyc` и `gotham` для `new york`) или сузить область поиска, чтобы нацелить пользователя на некоторую область. Это в некотором смысле пересекается с функциональностью тезаурусов (Подраздел 12.6.4). Однако при таком подходе вы можете изменять правила перезаписи «на лету», тогда как при обновлении тезауруса необходима переиндексация.

`ts_rewrite (`*`query`*` tsquery, `*`цель`*` tsquery, `*`замена`*` tsquery) returns tsquery`

Эта форма `ts_rewrite` просто применяет одно правило перезаписи: *цель* заменяется *подстановкой* везде, где она находится в *запросе*. Например:

```
SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'a'::tsquery, 'c'::tsquery);
 ts_rewrite
```

```
------------
 'b' & 'c'
```

ts_rewrite (*query* tsquery, *выборка* text) returns tsquery

Эта форма ts_rewrite принимает начальный *запрос* и SQL-команду *select*, которая задаётся текстовой строкой. Команда *select* должна выдавать два столбца типа tsquery. Для каждой строки результата *select* вхождения первого столбца (цели) заменяются значениями второго столбца (подстановкой) в тексте *запроса*. Например:

```
CREATE TABLE aliases (t tsquery PRIMARY KEY, s tsquery);
INSERT INTO aliases VALUES('a', 'c');

SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'SELECT t,s FROM aliases');
 ts_rewrite
------------
 'b' & 'c'
```

Заметьте, что когда таким способом применяются несколько правил перезаписи, порядок их применения может иметь значение, поэтому в исходном запросе следует добавить ORDER BY по какому-либо ключу.

Давайте рассмотрим практический пример на тему астрономии. Мы развернём запрос supernovae, используя правила перезаписи в таблице:

```
CREATE TABLE aliases (t tsquery primary key, s tsquery);
INSERT INTO aliases VALUES(to_tsquery('supernovae'), to_tsquery('supernovae|sn'));

SELECT ts_rewrite(to_tsquery('supernovae & crab'), 'SELECT * FROM aliases');
           ts_rewrite
---------------------------------
 'crab' & ( 'supernova' | 'sn' )
```

Мы можем скорректировать правила перезаписи, просто изменив таблицу:

```
UPDATE aliases
SET s = to_tsquery('supernovae|sn & !nebulae')
WHERE t = to_tsquery('supernovae');

SELECT ts_rewrite(to_tsquery('supernovae & crab'), 'SELECT * FROM aliases');
                 ts_rewrite
---------------------------------------------
 'crab' & ( 'supernova' | 'sn' & !'nebula' )
```

Перезапись может быть медленной, когда задано много правил перезаписи, так как соответствия будут проверяться для каждого правила. Чтобы отфильтровать явно неподходящие правила, можно использовать проверки включения для типа tsquery. В следующем примере выбираются только те правила, которые могут соответствовать исходному запросу:

```
SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery,
                  'SELECT t,s FROM aliases WHERE ''a & b''::tsquery @> t');
 ts_rewrite
------------
 'b' & 'c'
```

12.4.3. Триггеры для автоматического обновления

Примечание

Описанный в этом разделе подход считается устаревшим в связи с появлением возможности использовать генерируемые столбцы, как описано в Подразделе 12.2.2.

Когда представление документа в формате `tsvector` хранится в отдельном столбце, необходимо создать триггер, который будет обновлять его содержимое при изменении столбцов, из которых составляется исходный документ. Для этого можно использовать две встроенные триггерные функции или написать свои собственные.

```
tsvector_update_trigger(столбец_tsvector, имя_конфигурации, столбец_текста [, ...])
tsvector_update_trigger_column(столбец_tsvector, столбец_конфигурации, столбец_текста
 [, ...])
```

Эти триггерные функции автоматически вычисляют значение для столбца `tsvector` из одного или нескольких текстовых столбцов с параметрами, указанными в команде `CREATE TRIGGER`. Пример их использования:

```
CREATE TABLE messages (
    title       text,
    body        text,
    tsv         tsvector
);

CREATE TRIGGER tsvectorupdate BEFORE INSERT OR UPDATE
ON messages FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION
tsvector_update_trigger(tsv, 'pg_catalog.english', title, body);

INSERT INTO messages VALUES('title here', 'the body text is here');

SELECT * FROM messages;
   title    |         body          |            tsv
------------+-----------------------+----------------------------
 title here | the body text is here | 'bodi':4 'text':5 'titl':1

SELECT title, body FROM messages WHERE tsv @@ to_tsquery('title & body');
   title    |         body
------------+-----------------------
 title here | the body text is here
```

С таким триггером любое изменение в полях `title` или `body` будет автоматически отражаться в содержимом `tsv`, так что приложению не придётся заниматься этим.

Первым аргументом этих функций должно быть имя столбца `tsvector`, содержимое которого будет обновляться. Ещё один аргумент — конфигурация текстового поиска, которая будет использоваться для преобразования. Для `tsvector_update_trigger` имя конфигурации передаётся просто как второй аргумент триггера. Это имя должно быть определено полностью, чтобы поведение триггера не менялось при изменениях в пути поиска (`search_path`). Для `tsvector_update_trigger_column` во втором аргументе триггера передаётся имя другого столбца таблицы, который должен иметь тип `regconfig`. Это позволяет использовать разные конфигурации для разных строк. В оставшихся аргументах передаются имена текстовых столбцов (типа `text`, `varchar` или `char`). Их содержимое будет включено в документ в заданном порядке. При этом значения NULL будут пропущены (а другие столбцы будут индексироваться).

Ограничение этих встроенных триггеров заключается в том, что они обрабатывают все столбцы одинаково. Чтобы столбцы обрабатывались по-разному, например для текста заголовка задавался не тот же вес, что для тела документа, потребуется разработать свой триггер. К примеру, так это можно сделать на языке PL/pgSQL:

```
CREATE FUNCTION messages_trigger() RETURNS trigger AS $$
begin
  new.tsv :=
     setweight(to_tsvector('pg_catalog.english', coalesce(new.title,'')), 'A') ||
     setweight(to_tsvector('pg_catalog.english', coalesce(new.body,'')), 'D');
  return new;
```

```
end
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER tsvectorupdate BEFORE INSERT OR UPDATE
    ON messages FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION messages_trigger();
```

Помните, что, создавая значения `tsvector` в триггерах, важно явно указывать имя конфигурации, чтобы содержимое столбца не зависело от изменений `default_text_search_config`. В противном случае могут возникнуть проблемы, например результаты поиска изменятся после выгрузки и восстановления данных.

12.4.4. Сбор статистики по документу

Функция `ts_stat` может быть полезна для проверки конфигурации и нахождения возможных стоп-слов.

```
ts_stat(sql_запрос text, [веса text,]
        OUT слово text, OUT число_док integer,
        OUT число_вхожд integer) returns setof record
```

Здесь *`sql_запрос`* — текстовая строка, содержащая SQL-запрос, который должен возвращать один столбец `tsvector`. Функция `ts_stat` выполняет запрос и возвращает статистику по каждой отдельной лексеме (слову), содержащейся в данных `tsvector`. Её результат представляется в столбцах

- *`слово`* `text` — значение лексемы
- *`число_док`* `integer` — число документов (значений `tsvector`), в которых встретилось слово
- *`число_вхожд`* `integer` — общее число вхождений слова

Если передаётся параметр *`weights`*, то подсчитываются только вхождения с указанными в нём весами.

Например, найти десять наиболее часто используемых слов в коллекции документов можно так:

```
SELECT * FROM ts_stat('SELECT vector FROM apod')
ORDER BY nentry DESC, ndoc DESC, word
LIMIT 10;
```

Следующий запрос возвращает тоже десять слов, но при выборе их учитываются только вхождения с весами `A` или `B`:

```
SELECT * FROM ts_stat('SELECT vector FROM apod', 'ab')
ORDER BY nentry DESC, ndoc DESC, word
LIMIT 10;
```

12.5. Анализаторы

Задача анализаторов текста — разделить текст документа на *фрагменты* и присвоить каждому из них тип из набора, определённого в самом анализаторе. Заметьте, что анализаторы не меняют текст — они просто выдают позиции предполагаемых слов. Вследствие такой ограниченности их функций, собственные специфические анализаторы бывают нужны гораздо реже, чем собственные словари. В настоящее время в PostgreSQL есть только один встроенный анализатор, который может быть полезен для широкого круга приложений.

Этот встроенный анализатор называется `pg_catalog.default`. Он распознаёт 23 типа фрагментов, перечисленные в Таблице 12.1.

Таблица 12.1. Типы фрагментов, выделяемых стандартным анализатором

Псевдоним	Описание	Пример
`asciiword`	Слово только из букв ASCII	`elephant`

Псевдоним	Описание	Пример
word	Слово из любых букв	mañana
numword	Слово из букв и цифр	beta1
asciihword	Слово только из букв ASCII с дефисами	up-to-date
hword	Слово из любых букв с дефисами	lógico-matemática
numhword	Слово из букв и цифр с дефисами	postgresql-beta1
hword_asciipart	Часть слова с дефисами, только из букв ASCII	postgresql в словосочетании postgresql-beta1
hword_part	Часть слова с дефисами, из любых букв	lógico или matemática в словосочетании lógico-matemática
hword_numpart	Часть слова с дефисами, из букв и цифр	beta1 в словосочетании postgresql-beta1
email	Адрес электронной почты	foo@example.com
protocol	Префикс протокола	http://
url	URL	example.com/stuff/index.html
host	Имя узла	example.com
url_path	Путь в адресе URL	/stuff/index.html, как часть URL
file	Путь или имя файла	/usr/local/foo.txt, если не является частью URL
sfloat	Научная запись числа	-1.234e56
float	Десятичная запись числа	-1.234
int	Целое со знаком	-1234
uint	Целое без знака	1234
version	Номер версии	8.3.0
tag	Тег XML	<a href="dictionaries.html">
entity	Сущность XML	&
blank	Символы-разделители	(любые пробельные символы или знаки препинания, не попавшие в другие категории)

Примечание

Понятие «буквы» анализатор определяет исходя из локали, заданной для базы данных, в частности параметра lc_ctype. Слова, содержащие только буквы из ASCII (латинские буквы), распознаются как фрагменты отдельного типа, так как иногда бывает полезно выделить их. Для многих европейских языков типы фрагментов word и asciiword можно воспринимать как синонимы.

email принимает не все символы, которые считаются допустимыми по стандарту *RFC 5322*. В частности, имя почтового ящика помимо алфавитно-цифровых символов может содержать только точку, минус и подчёркивание.

tag поддерживает не все действительные имена тегов, определённые в *Рекомендации W3C по XML*. А именно поддерживаются только имена тегов, которые начинаются с буквы из ASCII, знака подчёркивания или двоеточия и содержат только буквы, цифры, дефисы, знаки подчёркивания и двоеточия. tag также включает комментарии XML, начинающиеся с <!-- и

заканчивающиеся `-->`, и объявления XML (однако обратите внимание, что сюда входит всё, что начинается с `<?x` и заканчивается `>`).

Анализатор может выделить в одном тексте несколько перекрывающихся фрагментов. Например, слово с дефисом будет выдано как целое составное слово и по частям:

```
SELECT alias, description, token FROM ts_debug('foo-bar-beta1');
      alias      |               description                |     token
-----------------+------------------------------------------+--------------
 numhword        | Hyphenated word, letters and digits      | foo-bar-beta1
 hword_asciipart | Hyphenated word part, all ASCII          | foo
 blank           | Space symbols                            | -
 hword_asciipart | Hyphenated word part, all ASCII          | bar
 blank           | Space symbols                            | -
 hword_numpart   | Hyphenated word part, letters and digits | beta1
```

Это поведение считается желательным, так как это позволяет находить при последующем поиске и всё слово целиком, и его части. Ещё один показательный пример:

```
SELECT alias, description, token FROM ts_debug('http://example.com/stuff/index.html');
  alias   |  description  |            token
----------+---------------+------------------------------
 protocol | Protocol head | http://
 url      | URL           | example.com/stuff/index.html
 host     | Host          | example.com
 url_path | URL path      | /stuff/index.html
```

12.6. Словари

Словари полнотекстового поиска предназначены для исключения *стоп-слов* (слов, которые не должны учитываться при поиске) и *нормализации* слов, чтобы разные словоформы считались совпадающими. Успешно нормализованное слово называется *лексемой*. Нормализация и исключение стоп-слов не только улучшает качество поиска, но и уменьшает размер представления документа в формате `tsvector`, и, как следствие, увеличивает быстродействие. Нормализация не всегда имеет лингвистический смысл, обычно она зависит от требований приложения.

Несколько примеров нормализации:

- Лингвистическая нормализация — словари Ispell пытаются свести слова на входе к нормализованной форме, а стеммеры убирают окончания слов
- Адреса URL могут быть канонизированы, чтобы например следующие адреса считались одинаковыми:
  - http://www.pgsql.ru/db/mw/index.html
  - http://www.pgsql.ru/db/mw/
  - http://www.pgsql.ru/db/../db/mw/index.html
- Названия цветов могут быть заменены их шестнадцатеричными значениями, например `red, green, blue, magenta -> FF0000, 00FF00, 0000FF, FF00FF`
- При индексировании чисел можно отбросить цифры в дробной части для сокращения множества всевозможных чисел, чтобы например *3.14*159265359, *3.14*15926 и *3.14* стали одинаковыми после нормализации, при которой после точки останутся только две цифры.

Словарь — это программа, которая принимает на вход фрагмент и возвращает:

- массив лексем, если входной фрагмент известен в словаре (заметьте, один фрагмент может породить несколько лексем)
- одну лексему с установленным флагом `TSL_FILTER` для замены исходного фрагмента новым, чтобы следующие словари работали с новым вариантом (словарь, который делает это, называется *фильтрующим словарём*)

- пустой массив, если словарь воспринимает этот фрагмент, но считает его стоп-словом
- NULL, если словарь не воспринимает полученный фрагмент

В PostgreSQL встроены стандартные словари для многих языков. Есть также несколько предопределённых шаблонов, на основании которых можно создавать новые словари с изменёнными параметрами. Все эти шаблоны описаны ниже. Если же ни один из них не подходит, можно создать и свои собственные шаблоны. Соответствующие примеры можно найти в каталоге contrib/ инсталляции PostgreSQL.

Конфигурация текстового поиска связывает анализатор с набором словарей, которые будут обрабатывать выделенные им фрагменты. Для каждого типа фрагментов, выданных анализатором, в конфигурации задаётся отдельный список словарей. Найденный анализатором фрагмент проходит через все словари по порядку, пока какой-либо словарь не увидит в нём знакомое для него слово. Если он окажется стоп-словом или его не распознает ни один словарь, этот фрагмент не будет учитываться при индексации и поиске. Обычно результат определяет первый же словарь, который возвращает не NULL, и остальные словари уже не проверяются; однако фильтрующий словарь может заменить полученное слово другим, которое и будет передано следующим словарям.

Общее правило настройки списка словарей заключается в том, чтобы поставить наиболее частные и специфические словари в начале, затем перечислить более общие и закончить самым общим словарём, например стеммером Snowball или словарём simple, который распознаёт всё. Например, для поиска по теме астрономии (конфигурация astro_en) тип фрагментов asciiword (слово из букв ASCII) можно связать со словарём синонимов астрономических терминов, затем с обычным английским словарём и наконец со стеммером английских окончаний Snowball:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION astro_en
    ADD MAPPING FOR asciiword WITH astrosyn, english_ispell, english_stem;
```

Фильтрующий словарь можно включить в любом месте списка, кроме конца, где он будет бесполезен. Фильтрующие словари бывают полезны для частичной нормализации слов и упрощения задачи следующих словарей. Например, фильтрующий словарь может удалить из текста диакритические знаки, как это делает модуль unaccent.

12.6.1. Стоп-слова

Стоп-словами называются слова, которые встречаются очень часто, практически в каждом документе, и поэтому не имеют различительной ценности. Таким образом, при полнотекстовом поиске их можно игнорировать. Например, в каждом английском тексте содержатся артикли a и the, так что хранить их в индексе бессмысленно. Однако стоп-слова влияют на позиции лексем в значении tsvector, от чего, в свою очередь, зависит ранжирование:

```
SELECT to_tsvector('english', 'in the list of stop words');
        to_tsvector
----------------------------
 'list':3 'stop':5 'word':6
```

В результате отсутствуют позиции 1,2,4, потому что фрагменты в этих позициях оказались стоп-словами. Ранги, вычисленные для документов со стоп-словами и без них, могут значительно различаться:

```
SELECT ts_rank_cd (to_tsvector('english', 'in the list of stop words'),
 to_tsquery('list & stop'));
 ts_rank_cd
------------
       0.05

SELECT ts_rank_cd (to_tsvector('english', 'list stop words'), to_tsquery('list &
 stop'));
 ts_rank_cd
------------
```

```
        0.1
```

Как именно обрабатывать стоп-слова, определяет сам словарь. Например, словари ispell сначала нормализуют слова, а затем просматривают список стоп-слов, тогда как стеммеры Snowball просматривают свой список стоп-слов в первую очередь. Это различие в поведении объясняется стремлением уменьшить шум.

12.6.2. Простой словарь

Работа шаблона словарей simple сводится к преобразованию входного фрагмента в нижний регистр и проверки результата по файлу со списком стоп-слов. Если это слово находится в файле, словарь возвращает пустой массив и фрагмент исключается из дальнейшего рассмотрения. В противном случае словарь возвращает в качестве нормализованной лексемы слово в нижнем регистре. Этот словарь можно настроить и так, чтобы все слова, кроме стоп-слов, считались неопознанными и передавались следующему словарю в списке.

Определить словарь на основе шаблона simple можно так:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY public.simple_dict (
    TEMPLATE = pg_catalog.simple,
    STOPWORDS = english
);
```

Здесь english — базовое имя файла со стоп-словами. Полным именем файла будет $SHAREDIR/tsearch_data/english.stop, где $SHAREDIR указывает на каталог с общими данными PostgreSQL, часто это /usr/local/share/postgresql (точно узнать его можно с помощью команды pg_config --sharedir). Этот текстовый файл должен содержать просто список слов, по одному слову в строке. Пустые строки и окружающие пробелы игнорируются, все символы переводятся в нижний регистр и на этом обработка файла заканчивается.

Теперь мы можем проверить наш словарь:

```
SELECT ts_lexize('public.simple_dict', 'YeS');
 ts_lexize
-----------
 {yes}

SELECT ts_lexize('public.simple_dict', 'The');
 ts_lexize
-----------
 {}
```

Мы также можем настроить словарь так, чтобы он возвращал NULL вместо слова в нижнем регистре, если оно не находится в файле стоп-слов. Для этого нужно присвоить параметру Accept значение false. Продолжая наш пример:

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY public.simple_dict ( Accept = false );

SELECT ts_lexize('public.simple_dict', 'YeS');
 ts_lexize
-----------


SELECT ts_lexize('public.simple_dict', 'The');
 ts_lexize
-----------
 {}
```

Со значением Accept = true (по умолчанию) словарь simple имеет смысл включать только в конце списка словарей, так как он никогда не передаст фрагмент следующему словарю. И напротив, Accept = false имеет смысл, только если за ним следует ещё минимум один словарь.

Внимание

Большинство словарей работают с дополнительными файлами, например, файлами стоп-слов. Содержимое этих файлов *должно* иметь кодировку UTF-8. Если база данных работает в другой кодировке, они будут переведены в неё, когда сервер будет загружать их.

Внимание

Обычно в рамках одного сеанса дополнительный файл словаря загружается только один раз, при первом использовании. Если же вы измените его и захотите, чтобы существующие сеансы работали с новым содержимым, выполните для этого словаря команду `ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY`. Это обновление словаря может быть «фиктивным», фактически не меняющим значения никаких параметров.

12.6.3. Словарь синонимов

Этот шаблон словарей используется для создания словарей, заменяющих слова синонимами. Словосочетания такие словари не поддерживают (используйте для этого тезаурус (Подраздел 12.6.4)). Словарь синонимов может помочь в преодолении лингвистических проблем, например, не дать стеммеру английского уменьшить слово «Paris» до «pari». Для этого достаточно поместить в словарь синонимов строку `Paris paris` и поставить этот словарь перед словарём `english_stem`. Например:

```
SELECT * FROM ts_debug('english', 'Paris');
   alias   |   description   | token |  dictionaries  |  dictionary  | lexemes
-----------+-----------------+-------+----------------+--------------+---------
 asciiword | Word, all ASCII | Paris | {english_stem} | english_stem | {pari}

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY my_synonym (
    TEMPLATE = synonym,
    SYNONYMS = my_synonyms
);

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
    ALTER MAPPING FOR asciiword
    WITH my_synonym, english_stem;

SELECT * FROM ts_debug('english', 'Paris');
   alias   |   description   | token |       dictionaries        | dictionary |
 lexemes
-----------+-----------------+-------+---------------------------+------------
+---------
 asciiword | Word, all ASCII | Paris | {my_synonym,english_stem} | my_synonym | {paris}
```

Шаблон `synonym` принимает единственный параметр, `SYNONYMS`, в котором задаётся базовое имя его файла конфигурации — в данном примере это `my_synonyms`. Полным именем файла будет `$SHAREDIR/tsearch_data/my_synonyms.syn` (где `$SHAREDIR` указывает на каталог общих данных PostgreSQL). Содержимое этого файла должны составлять строки с двумя словами в каждой (первое — заменяемое слово, а второе — его синоним), разделёнными пробелами. Пустые строки и окружающие пробелы при разборе этого файла игнорируются.

Шаблон `synonym` также принимает необязательный параметр `CaseSensitive`, который по умолчанию имеет значение `false`. Когда `CaseSensitive` равен `false`, слова в файле синонимов переводятся в нижний регистр, вместе с проверяемыми фрагментами. Если же он не равен `true`, регистр слов в файле и проверяемых фрагментов не меняются, они сравниваются «как есть».

В конце синонима в этом файле можно добавить звёздочку (*), тогда этот синоним будет рассматриваться как префикс. Эта звёздочка будет игнорироваться в `to_tsvector()`, но `to_tsquery()` изменит результат, добавив в него маркер сопоставления префикса (см. Подраздел 12.3.2). Например, предположим, что файл `$SHAREDIR/tsearch_data/synonym_sample.syn` имеет следующее содержание:

```
postgres        pgsql
postgresql      pgsql
postgre pgsql
gogle   googl
indices index*
```

С ним мы получим такие результаты:

```
mydb=# CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY syn (template=synonym, synonyms='synonym_sample');
mydb=# SELECT ts_lexize('syn', 'indices');
 ts_lexize
-----------
 {index}
(1 row)

mydb=# CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION tst (copy=simple);
mydb=# ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION tst ALTER MAPPING FOR asciiword WITH syn;
mydb=# SELECT to_tsvector('tst', 'indices');
 to_tsvector
-------------
 'index':1
(1 row)

mydb=# SELECT to_tsquery('tst', 'indices');
 to_tsquery
------------
 'index':*
(1 row)

mydb=# SELECT 'indexes are very useful'::tsvector;
            tsvector
---------------------------------
 'are' 'indexes' 'useful' 'very'
(1 row)

mydb=# SELECT 'indexes are very useful'::tsvector @@ to_tsquery('tst', 'indices');
 ?column?
----------
 t
(1 row)
```

12.6.4. Тезаурус

Тезаурус (или сокращённо TZ) содержит набор слов и информацию о связях слов и словосочетаний, то есть более широкие понятия (Broader Terms, BT), более узкие понятия (Narrow Terms, NT), предпочитаемые названия, исключаемые названия, связанные понятия и т. д.

В основном тезаурус заменяет исключаемые слова и словосочетания предпочитаемыми и может также сохранить исходные слова для индексации. Текущая реализация тезауруса в PostgreSQL представляет собой расширение словаря синонимов с поддержкой *фраз*. Конфигурация тезауруса определяется файлом следующего формата:

```
# это комментарий
образец слов(а) : индексируемые слова
другой образец слов(а) : другие индексируемые слова
```

```
...
```

Здесь двоеточие (:) служит разделителем между исходной фразой и её заменой.

Прежде чем проверять соответствие фраз, тезаурус нормализует файл конфигурации, используя *внутренний словарь* (который указывается в конфигурации словаря-тезауруса). Этот внутренний словарь для тезауруса может быть только одним. Если он не сможет распознать какое-либо слово, произойдёт ошибка. В этом случае необходимо либо исключить это слово, либо добавить его во внутренний словарь. Также можно добавить звёздочку (*) перед индексируемыми словами, чтобы они не проверялись по внутреннему словарю, но все слова-образцы *должны* быть известны внутреннему словарю.

Если входному фрагменту соответствуют несколько фраз в этом списке, тезаурус выберет самое длинное определение, а если таких окажется несколько, самое последнее из них.

Выделить во фразе какие-то стоп-слова нельзя; вместо этого можно вставить ? в том месте, где может оказаться стоп-слово. Например, в предположении, что a и the — стоп-слова по внутреннему словарю:

```
? one ? two : swsw
```

соответствует входным строкам a one the two и the one a two, так что обе эти строки будут заменены на swsw.

Как и обычный словарь, тезаурус должен привязываться к лексемам определённых типов. Так как тезаурус может распознавать фразы, он должен запоминать своё состояние и взаимодействовать с анализатором. Учитывая свои привязки, он может либо обрабатывать следующий фрагмент, либо прекратить накопление фразы. Поэтому настройка тезаурусов в системе требует особого внимания. Например, если привязать тезаурус только к типу фрагментов asciiword, тогда определение в тезаурусе one 7 не будет работать, так как этот тезаурус не связан с типом uint.

Внимание

Тезаурусы используются при индексации, поэтому при любом изменении параметров или содержимого тезауруса *необходима* переиндексация. Для большинства других типов словарей при небольших изменениях, таких как удаление и добавление стоп-слов, переиндексация не требуется.

12.6.4.1. Конфигурация тезауруса

Для создания нового словаря-тезауруса используется шаблон thesaurus. Например:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY thesaurus_simple (
    TEMPLATE = thesaurus,
    DictFile = mythesaurus,
    Dictionary = pg_catalog.english_stem
);
```

Здесь:

- thesaurus_simple — имя нового словаря
- mythesaurus — базовое имя файла конфигурации тезауруса. (Полным путём к файлу будет $SHAREDIR/tsearch_data/mythesaurus.ths, где $SHAREDIR указывает на каталог общих данных PostgreSQL.)
- pg_catalog.english_stem — внутренний словарь (в данном случае это стеммер Snowball для английского) для нормализации тезауруса. Заметьте, что внутренний словарь имеет собственную конфигурацию (например, список стоп-слов), но здесь она не рассматривается.

Теперь тезаурус thesaurus_simple можно связать с желаемыми типами фрагментов в конфигурации, например так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
```

```
    ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart
    WITH thesaurus_simple;
```

12.6.4.2. Пример тезауруса

Давайте рассмотрим простой астрономический тезаурус `thesaurus_astro`, содержащий несколько астрономических терминов:

```
supernovae stars : sn
crab nebulae : crab
```

Ниже мы создадим словарь и привяжем некоторые типы фрагментов к астрономическому тезаурусу и английскому стеммеру:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY thesaurus_astro (
    TEMPLATE = thesaurus,
    DictFile = thesaurus_astro,
    Dictionary = english_stem
);

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION russian
    ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart
    WITH thesaurus_astro, english_stem;
```

Теперь можно проверить, как он работает. Функция `ts_lexize` не очень полезна для проверки тезауруса, так как она обрабатывает входную строку как один фрагмент. Вместо неё мы можем использовать функции `plainto_tsquery` и `to_tsvector`, которые разбивают входную строку на несколько фрагментов:

```
SELECT plainto_tsquery('supernova star');
 plainto_tsquery
-----------------
 'sn'

SELECT to_tsvector('supernova star');
 to_tsvector
-------------
 'sn':1
```

В принципе так же можно использовать `to_tsquery`, если заключить аргумент в кавычки:

```
SELECT to_tsquery(' ''supernova star''');
 to_tsquery
------------
 'sn'
```

Заметьте, что `supernova star` совпадает с `supernovae stars` в `thesaurus_astro`, так как мы подключили стеммер `english_stem` в определении тезауруса. Этот стеммер удалил конечные буквы `e` и `s`.

Чтобы проиндексировать исходную фразу вместе с заменой, её нужно просто добавить в правую часть соответствующего определения:

```
supernovae stars : sn supernovae stars

SELECT plainto_tsquery('supernova star');
       plainto_tsquery
-----------------------------
 'sn' & 'supernova' & 'star'
```

12.6.5. Словарь Ispell

Шаблон словарей Ispell поддерживает *морфологические словари*, которые могут сводить множество разных лингвистических форм слова к одной лексеме. Например, английский словарь Ispell может связать вместе все склонения и спряжения ключевого слова `bank`: `banking`, `banked`, `banks`, `banks'`,`bank's` и т. п.

Стандартный дистрибутив PostgreSQL не включает файлы конфигурации Ispell. Загрузить словари для множества языков можно со страницы *Ispell*. Кроме того, поддерживаются и другие современные форматы словарей: *MySpell* (OO < 2.0.1) и *Hunspell* (OO >= 2.0.2). Большой набор соответствующих словарей можно найти на странице *OpenOffice Wiki*.

Чтобы создать словарь Ispell, выполните следующие действия:

- загрузите файлы конфигурации словаря. Пакет с дополнительным словарём OpenOffice имеет расширение `.oxt`. Из него необходимо извлечь файлы `.aff` и `.dic`, и сменить их расширения на `.affix` и `.dict`, соответственно. Для некоторых файлов словарей также необходимо преобразовать символы в кодировку UTF-8 с помощью, например, таких команд (для норвежского языка):

  ```
  iconv -f ISO_8859-1 -t UTF-8 -o nn_no.affix nn_NO.aff
  iconv -f ISO_8859-1 -t UTF-8 -o nn_no.dict nn_NO.dic
  ```
- скопируйте файлы в каталог `$SHAREDIR/tsearch_data`
- загрузите эти файлы в PostgreSQL следующей командой:

  ```
  CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_hunspell (
      TEMPLATE = ispell,
      DictFile = en_us,
      AffFile = en_us,
      Stopwords = english);
  ```

Здесь параметры `DictFile`, `AffFile` и `StopWords` определяют базовые имена файлов словаря, аффиксов и стоп-слов. Файл стоп-слов должен иметь тот же формат, что рассматривался выше в описании словаря `simple`. Формат других файлов здесь не рассматривается, но его можно узнать по вышеуказанным веб-адресам.

Словари Ispell обычно воспринимают ограниченный набор слов, так что за ними следует подключить другой, более общий словарь, например, Snowball, который принимает всё.

Файл `.affix` для Ispell имеет такую структуру:

```
prefixes
flag *A:
    .           >   RE      # As in enter > reenter
suffixes
flag T:
    E           >   ST      # As in late > latest
    [^AEIOU]Y   >   -Y,IEST # As in dirty > dirtiest
    [AEIOU]Y    >   EST     # As in gray > grayest
    [^EY]       >   EST     # As in small > smallest
```

А файл `.dict` — такую:

```
lapse/ADGRS
lard/DGRS
large/PRTY
lark/MRS
```

Формат файла `.dict` следующий:

```
basic_form/affix_class_name
```

В файле `.affix` каждый флаг аффиксов описывается в следующем формате:

```
условие > [-отсекаемые_буквы,] добавляемый_аффикс
```

Здесь условие записывается в формате, подобном формату регулярных выражений. В нём возможно описать группы `[...]` и `[^...]`. Например, запись `[AEIOU]Y` означает, что последняя буква слова — "y", а предпоследней может быть "a", "e", "i", "o" или "u". Запись [^EY] означает, что последняя буква не "e" и не "y".

Словари Ispell поддерживают разделение составных слов, что бывает полезно. Заметьте, что для этого в файле аффиксов нужно пометить специальным оператором compoundwords controlled слова, которые могут участвовать в составных образованиях:

```
compoundwords  controlled z
```

Вот как это работает для норвежского языка:

```
SELECT ts_lexize('norwegian_ispell', 'overbuljongterningpakkmesterassistent');
   {over,buljong,terning,pakk,mester,assistent}
SELECT ts_lexize('norwegian_ispell', 'sjokoladefabrikk');
   {sjokoladefabrikk,sjokolade,fabrikk}
```

Формат MySpell представляет собой подмножество формата Hunspell. Файл .affix словаря Hunspell имеет следующую структуру:

```
PFX A Y 1
PFX A   0     re         .
SFX T N 4
SFX T   0     st         e
SFX T   y     iest       [^aeiou]y
SFX T   0     est        [aeiou]y
SFX T   0     est        [^ey]
```

Первая строка класса аффиксов — заголовок. Поля правил аффиксов указываются после заголовка:

- имя параметра (PFX или SFX)
- флаг (имя класса аффиксов)
- отсекаемые символы в начале (в префиксе) или в конце (в суффиксе) слова
- добавляемый аффикс
- условие в формате, подобном регулярным выражениям.

Файл .dict подобен файлу .dict словаря Ispell:

```
larder/M
lardy/RT
large/RSPMYT
largehearted
```

> **Примечание**
>
> Словарь MySpell не поддерживает составные слова. С другой стороны, Hunspell поддерживает множество операции с ними, но в настоящее время PostgreSQL использует только самые простые из этого множества.

12.6.6. Словарь Snowball

Шаблон словарей Snowball основан на проекте Мартина Потера, изобретателя популярного алгоритма стемминга для английского языка. Сейчас Snowball предлагает алгоритмы и для многих других языков (за подробностями обратитесь на *сайт Snowball*). Каждый алгоритм знает, как для данного языка свести распространённые словоформы к начальной форме. Для словаря Snowball задаётся обязательный параметр language, определяющий, какой именно стеммер использовать, и может задаваться параметр stopword, указывающий файл со списком исключаемых слов. (Стандартные списки стоп-слов PostgreSQL используется также в и проекте Snowball.) Например, встроенное определение выглядит так

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_stem (
    TEMPLATE = snowball,
    Language = english,
    StopWords = english
);
```

Формат файла стоп-слов не отличается от рассмотренного ранее.

Словарь Snowball распознаёт любые фрагменты, даже если он не может упростить слова, так что он должен быть самым последним в списке словарей. Помещать его перед другими словарями нет смысла, так как после него никакой фрагмент не будет передан следующему словарю.

12.7. Пример конфигурации

Конфигурация текстового поиска определяет всё, что необходимо для преобразования документа в формат `tsvector`: анализатор, который будет разбивать текст на фрагменты, и словари, которые будут преобразовывать фрагменты в лексемы. При каждом вызове `to_tsvector` или `to_tsquery` обязательно используется конфигурация текстового поиска. В конфигурации сервера есть параметр default_text_search_config, задающий имя конфигурации текстового поиска по умолчанию, которая будет использоваться, когда при вызове функций поиска соответствующий аргумент не определён. Этот параметр можно задать в `postgresql.conf` или установить в рамках отдельного сеанса с помощью команды `SET`.

В системе есть несколько встроенных конфигураций текстового поиска и вы можете легко дополнить их своими. Для удобства управления объектами текстового поиска в PostgreSQL реализованы соответствующие SQL-команды и специальные команды в psql, выводящие информацию об этих объектах (Раздел 12.10).

В качестве примера использования этих команд мы создадим конфигурацию `pg`, взяв за основу встроенную конфигурацию `english`:

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION public.pg ( COPY = pg_catalog.english );
```

Мы будем использовать список синонимов, связанных с PostgreSQL, в файле `$SHAREDIR/tsearch_data/pg_dict.syn`. Этот файл содержит строки:

```
postgres    pg
pgsql       pg
postgresql  pg
```

Мы определим словарь синонимов следующим образом:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY pg_dict (
    TEMPLATE = synonym,
    SYNONYMS = pg_dict
);
```

Затем мы зарегистрируем словарь Ispell `english_ispell`, у которого есть собственные файлы конфигурации:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_ispell (
    TEMPLATE = ispell,
    DictFile = english,
    AffFile = english,
    StopWords = english
);
```

Теперь мы можем настроить сопоставления для слов в конфигурации `pg`:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION pg
    ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart,
                      word, hword, hword_part
    WITH pg_dict, english_ispell, english_stem;
```

Мы решили не индексировать и не учитывать при поиске некоторые типы фрагментов, которые не обрабатываются встроенной конфигурацией:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION pg
    DROP MAPPING FOR email, url, url_path, sfloat, float;
```

Теперь мы можем протестировать нашу конфигурацию:

```
SELECT * FROM ts_debug('public.pg', '
PostgreSQL, the highly scalable, SQL compliant, open source
object-relational database management system, is now undergoing
beta testing of the next version of our software.
');
```

И наконец мы выбираем в текущем сеансе эту конфигурацию, созданную в схеме `public`:

```
=> \dF
   List of text search configurations
 Schema  | Name | Description
---------+------+-------------
 public  | pg   |

SET default_text_search_config = 'public.pg';
SET

SHOW default_text_search_config;
 default_text_search_config
----------------------------
 public.pg
```

12.8. Тестирование и отладка текстового поиска

Поведение нестандартной конфигурации текстового поиска по мере её усложнения может стать непонятным. В этом разделе описаны функции, полезные для тестирования объектов текстового поиска. Вы можете тестировать конфигурацию как целиком, так и по частям, отлаживая анализаторы и словари по отдельности.

12.8.1. Тестирование конфигурации

Созданную конфигурацию текстового поиска можно легко протестировать с помощью функции `ts_debug`.

```
ts_debug([конфигурация regconfig,] документ text,
         OUT псевдоним text,
         OUT описание text,
         OUT фрагмент text,
         OUT словари regdictionary[],
         OUT словарь regdictionary,
         OUT лексемы text[])
         returns setof record
```

`ts_debug` выводит информацию обо всех фрагментах данного документа, которые были выданы анализатором и обработаны настроенными словарями. Она использует конфигурацию, указанную в аргументе *config*, или `default_text_search_config`, если этот аргумент опущен.

`ts_debug` возвращает по одной строке для каждого фрагмента, найденного в тексте анализатором. Эта строка содержит следующие столбцы:

- *синоним* `text` — краткое имя типа фрагмента
- *описание* `text` — описание типа фрагмента
- *фрагмент* `text` — текст фрагмента

- *словари* regdictionary[] — словари, назначенные в конфигурации для фрагментов такого типа
- *словарь* regdictionary — словарь, распознавший этот фрагмент, или NULL, если подходящего словаря не нашлось
- *лексемы* text[] — лексемы, выданные словарём, распознавшим фрагмент, или NULL, если подходящий словарь не нашёлся; может быть также пустым массивом ({}), если фрагмент распознан как стоп-слово

Простой пример:

```
SELECT * FROM ts_debug('english', 'a fat  cat sat on a mat - it ate a fat rats');
   alias   |   description   | token |  dictionaries  |  dictionary  | lexemes
-----------+-----------------+-------+----------------+--------------+---------
 asciiword | Word, all ASCII | a     | {english_stem} | english_stem | {}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | fat   | {english_stem} | english_stem | {fat}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | cat   | {english_stem} | english_stem | {cat}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | sat   | {english_stem} | english_stem | {sat}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | on    | {english_stem} | english_stem | {}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | a     | {english_stem} | english_stem | {}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | mat   | {english_stem} | english_stem | {mat}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 blank     | Space symbols   | -     | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | it    | {english_stem} | english_stem | {}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | ate   | {english_stem} | english_stem | {ate}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | a     | {english_stem} | english_stem | {}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | fat   | {english_stem} | english_stem | {fat}
 blank     | Space symbols   |       | {}             |              |
 asciiword | Word, all ASCII | rats  | {english_stem} | english_stem | {rat}
```

Для более полной демонстрации мы сначала создадим конфигурацию public.english и словарь Ispell для английского языка:

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION public.english ( COPY = pg_catalog.english );

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_ispell (
    TEMPLATE = ispell,
    DictFile = english,
    AffFile = english,
    StopWords = english
);

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION public.english
   ALTER MAPPING FOR asciiword WITH english_ispell, english_stem;
```

```
SELECT * FROM ts_debug('public.english', 'The Brightest supernovaes');
   alias   |   description   |    token    |         dictionaries          |
 dictionary   |   lexemes
-----------+-----------------+-------------+-------------------------------
+----------------+-------------
 asciiword | Word, all ASCII | The         | {english_ispell,english_stem} |
 english_ispell | {}
```

```
 blank     | Space symbols   |             | {}                            |
     |
 asciiword | Word, all ASCII | Brightest   | {english_ispell,english_stem} |
 english_ispell | {bright}
 blank     | Space symbols   |             | {}                            |
     |
 asciiword | Word, all ASCII | supernovaes | {english_ispell,english_stem} |
 english_stem   | {supernova}
```

В этом примере слово `Brightest` было воспринято анализатором как фрагмент `ASCII word` (синоним `asciiword`). Для этого типа фрагментов список словарей включает `english_ispell` и `english_stem`. Данное слово было распознано словарём `english_ispell`, который свёл его к `bright`. Слово `supernovaes` оказалось незнакомо словарю `english_ispell`, так что оно было передано следующему словарю, который его благополучно распознал (на самом деле `english_stem` — это стеммер Snowball, который распознаёт всё, поэтому он включён в список словарей последним).

Слово `The` было распознано словарём `english_ispell` как стоп-слово (см. Подраздел 12.6.1) и поэтому не будет индексироваться. Пробелы тоже отбрасываются, так как в данной конфигурации для них нет словарей.

Вы можете уменьшить ширину вывода, явно перечислив только те столбцы, которые вы хотите видеть:

```
SELECT alias, token, dictionary, lexemes
FROM ts_debug('public.english', 'The Brightest supernovaes');
   alias   |    token    |   dictionary   |   lexemes
-----------+-------------+----------------+-------------
 asciiword | The         | english_ispell | {}
 blank     |             |                |
 asciiword | Brightest   | english_ispell | {bright}
 blank     |             |                |
 asciiword | supernovaes | english_stem   | {supernova}
```

12.8.2. Тестирование анализатора

Следующие функции позволяют непосредственно протестировать анализатор текстового поиска.

```
ts_parse(имя_анализатора text, документ text,
         OUT код_фрагмента integer, OUT фрагмент text) returns setof record
ts_parse(oid_анализатора oid, документ text,
         OUT код_фрагмента integer, OUT фрагмент text) returns setof record
```

`ts_parse` разбирает данный документ и возвращает набор записей, по одной для каждого извлечённого фрагмента. Каждая запись содержит `код_фрагмента`, код назначенного типа фрагмента, и `фрагмент`, собственно текст фрагмента. Например:

```
SELECT * FROM ts_parse('default', '123 - a number');
 tokid | token
-------+--------
    22 | 123
    12 |
    12 | -
     1 | a
    12 |
     1 | number
```

```
ts_token_type(имя_анализатора text, OUT код_фрагмента integer,
              OUT псевдоним text, OUT описание text) returns setof record
ts_token_type(oid_анализатора oid, OUT код_фрагмента integer,
              OUT псевдоним text, OUT описание text) returns setof record
```

ts_token_type возвращает таблицу, описывающую все типы фрагментов, которые может распознать анализатор. Для каждого типа в этой таблице указывается целочисленный tokid (идентификатор), который анализатор использует для пометки фрагмента этого типа, alias (псевдоним), с которым этот тип фигурирует в командах конфигурации, и description (краткое описание). Например:

```
SELECT * FROM ts_token_type('default');
 tokid |      alias      |               description
-------+-----------------+------------------------------------------
     1 | asciiword       | Word, all ASCII
     2 | word            | Word, all letters
     3 | numword         | Word, letters and digits
     4 | email           | Email address
     5 | url             | URL
     6 | host            | Host
     7 | sfloat          | Scientific notation
     8 | version         | Version number
     9 | hword_numpart   | Hyphenated word part, letters and digits
    10 | hword_part      | Hyphenated word part, all letters
    11 | hword_asciipart | Hyphenated word part, all ASCII
    12 | blank           | Space symbols
    13 | tag             | XML tag
    14 | protocol        | Protocol head
    15 | numhword        | Hyphenated word, letters and digits
    16 | asciihword      | Hyphenated word, all ASCII
    17 | hword           | Hyphenated word, all letters
    18 | url_path        | URL path
    19 | file            | File or path name
    20 | float           | Decimal notation
    21 | int             | Signed integer
    22 | uint            | Unsigned integer
    23 | entity          | XML entity
```

12.8.3. Тестирование словаря

Для тестирования словаря предназначена функция ts_lexize.

ts_lexize(*словарь* regdictionary, *фрагмент* text) returns text[]

ts_lexize возвращает массив лексем, если входной *фрагмент* известен словарю, либо пустой массив, если этот фрагмент считается в словаре стоп-словом, либо NULL, если он не был распознан.

Примеры:

```
SELECT ts_lexize('english_stem', 'stars');
 ts_lexize
-----------
 {star}

SELECT ts_lexize('english_stem', 'a');
 ts_lexize
-----------
 {}
```

Примечание

Функция ts_lexize принимает одиночный *фрагмент*, а не просто текст. Вот пример возможного заблуждения:

```
SELECT ts_lexize('thesaurus_astro', 'supernovae stars') is null;
```

```
 ?column?
----------
 t
```

Хотя фраза supernovae stars есть в тезаурусе thesaurus_astro, ts_lexize не работает, так как она не разбирает входной текст, а воспринимает его как один фрагмент. Поэтому для проверки тезаурусов следует использовать функции plainto_tsquery и to_tsvector, например:

```
SELECT plainto_tsquery('supernovae stars');
 plainto_tsquery
-----------------
 'sn'
```

12.9. Типы индексов, предпочитаемые для текстового поиска

Для ускорения полнотекстового поиска можно использовать индексы двух видов: GIN и GiST. Заметьте, что эти индексы не требуются для поиска, но если по какому-то столбцу поиск выполняется регулярно, обычно желательно создать индекс.

Чтобы создать такой индекс, выполните одну из следующих команд:

`CREATE INDEX` *имя* `ON` *таблица* `USING GIN (`*столбец*`);`

Создаёт индекс на базе GIN (Generalized Inverted Index, Обобщённый Инвертированный Индекс). *Столбец* должен иметь тип tsvector.

`CREATE INDEX` *имя* `ON` *таблица* `USING GIST (`*столбец* `[ { DEFAULT | tsvector_ops } (siglen =` *число*`) ] );`

Создаёт индекс на базе GiST (Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска). Здесь *столбец* может иметь тип tsvector или tsquery. Необязательный числовой параметр siglen определяет длину сигнатуры в байтах (подробнее об этом ниже).

Более предпочтительными для текстового поиска являются индексы GIN. Будучи инвертированными индексами, они содержат записи для всех отдельных слов (лексем) с компактным списком мест их вхождений. При поиске нескольких слов можно найти первое, а затем воспользоваться индексом и исключить строки, в которых дополнительные слова отсутствуют. Индексы GIN хранят только слова (лексемы) из значений tsvector, и теряют информацию об их весах. Таким образом для выполнения запроса с весами потребуется перепроверить строки в таблице.

Индекс GiST допускает *неточности*, то есть он допускает ложные попадания и поэтому их нужно исключать дополнительно, сверяя результат с фактическими данными таблицы. (PostgreSQL делает это автоматически.) Индексы GiST являются неточными, так как все документы в них представляются сигнатурой фиксированной длины. Длина сигнатуры в байтах определяется значением необязательного целочисленного параметра siglen. По умолчанию (когда параметр siglen отсутствует) равно 124 байтам, а максимальная длина сигнатуры равна 2024 байтам. Сигнатура формируется в результате представления присутствия каждого слова как одного бита в строке из n-бит, а затем логического объединения этих битовых строк. Если двум словам будет соответствовать одна битовая позиция, попадание оказывается ложным. Если для всех слов оказались установлены соответствующие биты (в случае фактического или ложного попадания), для проверки правильности предположения о совпадении слов необходимо прочитать строку таблицы. При увеличении размера сигнатуры поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

Индекс GiST может быть покрывающим, то есть использовать функциональность INCLUDE. В качестве дополнительных в него могут включаться столбцы, для типа данных которых не определён класс операторов GiST. Атрибуты, включаемые в индекс, сохраняются в нём без сжатия.

Неточность индекса приводит к снижению производительности из-за дополнительных обращений к записям таблицы, для которых предположение о совпадении оказывается ложным. Так как произвольный доступ к таблице обычно не бывает быстрым, это ограничивает применимость индексов GiST. Вероятность ложных попаданий зависит от ряда факторов, например от количества уникальных слов, так что его рекомендуется сокращать, применяя словари.

Заметьте, что построение индекса GIN часто можно ускорить, увеличив maintenance_work_mem, тогда как время построения индекса GiST не зависит от этого параметра.

Правильно используя индексы GIN и GiST и разделяя большие коллекции документов на секции, можно реализовать очень быстрый поиск с возможностью обновления «на лету». Секционировать данные можно как на уровне базы, с использованием наследования таблиц, так и распределив документы по разным серверам и затем собирая внешние результаты, например, средствами доступа к сторонним данным. Последний вариант возможен благодаря тому, что функции ранжирования используют только локальную информацию.

12.10. Поддержка psql

Информацию об объектах конфигурации текстового поиска можно получить в psql с помощью следующего набора команд:

```
\dF{d,p,t}[+] [ШАБЛОН]
```

Необязательный + в этих командах включает более подробный вывод.

В необязательном параметре *ШАБЛОН* может указываться имя объекта текстового поиска (возможно, дополненное схемой). Если *ШАБЛОН* не указан, выводится информация обо всех видимых объектах. *ШАБЛОН* может содержать регулярное выражение с *разными* масками для схемы и объекта. Это иллюстрируют следующие примеры:

```
=> \dF *fulltext*
       List of text search configurations
 Schema |  Name         | Description
--------+--------------+-------------
 public | fulltext_cfg |
```

```
=> \dF *.fulltext*
       List of text search configurations
 Schema   |  Name         | Description
----------+----------------------------
 fulltext | fulltext_cfg |
 public   | fulltext_cfg |
```

Возможны следующие команды:

```
\dF[+] [ШАБЛОН]
```

Список конфигураций текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

```
=> \dF russian
            List of text search configurations
   Schema   |  Name   |            Description
------------+---------+------------------------------------
 pg_catalog | russian | configuration for russian language

=> \dF+ russian
Text search configuration "pg_catalog.russian"
Parser: "pg_catalog.default"
      Token      | Dictionaries
-----------------+--------------
 asciihword      | english_stem
 asciiword       | english_stem
```

```
 email           | simple
 file            | simple
 float           | simple
 host            | simple
 hword           | russian_stem
 hword_asciipart | english_stem
 hword_numpart   | simple
 hword_part      | russian_stem
 int             | simple
 numhword        | simple
 numword         | simple
 sfloat          | simple
 uint            | simple
 url             | simple
 url_path        | simple
 version         | simple
 word            | russian_stem
```

`\dFd[+] [ШАБЛОН]`

Список словарей текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

```
=> \dFd
                             List of text search dictionaries
   Schema   |      Name       |                        Description
------------+-----------------
+-----------------------------------------------------------
 pg_catalog | arabic_stem     | snowball stemmer for arabic language
 pg_catalog | danish_stem     | snowball stemmer for danish language
 pg_catalog | dutch_stem      | snowball stemmer for dutch language
 pg_catalog | english_stem    | snowball stemmer for english language
 pg_catalog | finnish_stem    | snowball stemmer for finnish language
 pg_catalog | french_stem     | snowball stemmer for french language
 pg_catalog | german_stem     | snowball stemmer for german language
 pg_catalog | greek_stem      | snowball stemmer for greek language
 pg_catalog | hungarian_stem  | snowball stemmer for hungarian language
 pg_catalog | indonesian_stem | snowball stemmer for indonesian language
 pg_catalog | irish_stem      | snowball stemmer for irish language
 pg_catalog | italian_stem    | snowball stemmer for italian language
 pg_catalog | lithuanian_stem | snowball stemmer for lithuanian language
 pg_catalog | nepali_stem     | snowball stemmer for nepali language
 pg_catalog | norwegian_stem  | snowball stemmer for norwegian language
 pg_catalog | portuguese_stem | snowball stemmer for portuguese language
 pg_catalog | romanian_stem   | snowball stemmer for romanian language
 pg_catalog | russian_stem    | snowball stemmer for russian language
 pg_catalog | simple          | simple dictionary: just lower case and check for
 stopword
 pg_catalog | spanish_stem    | snowball stemmer for spanish language
 pg_catalog | swedish_stem    | snowball stemmer for swedish language
 pg_catalog | tamil_stem      | snowball stemmer for tamil language
 pg_catalog | turkish_stem    | snowball stemmer for turkish language
```

`\dFp[+] [ШАБЛОН]`

Список анализаторов текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

```
=> \dFp
        List of text search parsers
   Schema   |  Name   |     Description
------------+---------+---------------------
```

```
 pg_catalog | default | default word parser
=> \dFp+
    Text search parser "pg_catalog.default"
     Method      |    Function     | Description
-----------------+----------------+-------------
 Start parse     | prsd_start     |
 Get next token  | prsd_nexttoken |
 End parse       | prsd_end       |
 Get headline    | prsd_headline  |
 Get token types | prsd_lextype   |

        Token types for parser "pg_catalog.default"
   Token name    |              Description
-----------------+------------------------------------------
 asciihword      | Hyphenated word, all ASCII
 asciiword       | Word, all ASCII
 blank           | Space symbols
 email           | Email address
 entity          | XML entity
 file            | File or path name
 float           | Decimal notation
 host            | Host
 hword           | Hyphenated word, all letters
 hword_asciipart | Hyphenated word part, all ASCII
 hword_numpart   | Hyphenated word part, letters and digits
 hword_part      | Hyphenated word part, all letters
 int             | Signed integer
 numhword        | Hyphenated word, letters and digits
 numword         | Word, letters and digits
 protocol        | Protocol head
 sfloat          | Scientific notation
 tag             | XML tag
 uint            | Unsigned integer
 url             | URL
 url_path        | URL path
 version         | Version number
 word            | Word, all letters
(23 rows)
```

`\dFt[+] [ШАБЛОН]`

Список шаблонов текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

```
=> \dFt
                           List of text search templates
  Schema  |  Name   |                       Description
----------+---------+-----------------------------------------------------
pg_catalog|ispell   |ispell dictionary
pg_catalog|simple   |simple dictionary: just lower case and check for ...
pg_catalog|snowball |snowball stemmer
pg_catalog|synonym  |synonym dictionary: replace word by its synonym
pg_catalog|thesaurus|thesaurus dictionary: phrase by phrase substitution
```

12.11. Ограничения

Текущая реализация текстового поиска в PostgreSQL имеет следующие ограничения:

- Длина лексемы не может превышать 2 килобайта
- Длина значения `tsvector` (лексемы и их позиции) не может превышать 1 мегабайт
- Число лексем должно быть меньше 2^{64}

- Значения позиций в `tsvector` должны быть от 0 до 16383
- Расстояние в операторе <*N*> (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery` не может быть больше 16384
- Не больше 256 позиций для одной лексемы
- Число узлов (лексемы + операторы) в значении `tsquery` должно быть меньше 32768

Для сравнения, документация PostgreSQL 8.1 содержала 335 420 слов, из них 10 441 уникальных, а наиболее часто употребляющееся в ней слово «postgresql» встречается 6 127 раз в 655 документах.

Другой пример — архивы списков рассылки PostgreSQL содержали 910 989 уникальных слов в 57 491 343 лексемах в 461 020 сообщениях.

Глава 13. Управление конкурентным доступом

В этой главе описывается поведение СУБД PostgreSQL в ситуациях, когда два или более сеансов пытаются одновременно обратиться к одним и тем же данным. В таких ситуациях важно, чтобы все сеансы могли эффективно работать с данными, и при этом сохранялась целостность данных. Обсуждаемые в этой главе темы заслуживают внимания всех разработчиков баз данных.

13.1. Введение

PostgreSQL предоставляет разработчикам богатый набор средств для управления конкурентным доступом к данным. Внутри он поддерживает целостность данных, реализуя модель MVCC (Multiversion Concurrency Control, Многоверсионное управление конкурентным доступом). Это означает, что каждый SQL-оператор видит снимок данных (*версию базы данных*) на определённый момент времени, вне зависимости от текущего состояния данных. Это защищает операторы от несогласованности данных, возможной, если другие конкурирующие транзакции внесут изменения в те же строки данных, и обеспечивает тем самым *изоляцию транзакций* для каждого сеанса баз данных. MVCC, отходя от методик блокирования, принятых в традиционных СУБД, снижает уровень конфликтов блокировок и таким образом обеспечивает более высокую производительность в многопользовательской среде.

Основное преимущество использования модели MVCC по сравнению с блокированием заключается в том, что блокировки MVCC, полученные для чтения данных, не конфликтуют с блокировками, полученными для записи, и поэтому чтение никогда не мешает записи, а запись чтению. PostgreSQL гарантирует это даже для самого строгого уровня изоляции транзакций, используя инновационный уровень изоляции SSI (*Serializable Snapshot Isolation*, Сериализуемая изоляция снимков).

Для приложений, которым в принципе не нужна полная изоляция транзакций и которые предпочитают явно определять точки конфликтов, в PostgreSQL также есть средства блокировки на уровне таблиц и строк. Однако при правильном использовании MVCC обычно обеспечивает лучшую производительность, чем блокировки. Кроме этого, приложения могут использовать рекомендательные блокировки, не привязанные к какой-либо одной транзакции.

13.2. Изоляция транзакций

Стандарт SQL определяет четыре уровня изоляции транзакций. Наиболее строгий из них — сериализуемый, определяется одним абзацем, говорящем, что при параллельном выполнении нескольких сериализуемых транзакций должны гарантированно выдавать такой же результат, как если бы они запускались по очереди в некотором порядке. Остальные три уровня определяются через описания особых явлений, которые возможны при взаимодействии параллельных транзакций, но не допускаются на определённом уровне. Как отмечается в стандарте, из определения сериализуемого уровня вытекает, что на этом уровне ни одно из этих явлений не возможно. (В самом деле — если эффект транзакций должен быть тем же, что и при их выполнении по очереди, как можно было бы увидеть особые явления, связанные с другими транзакциями?)

Стандарт описывает следующие особые условия, недопустимые для различных уровней изоляции:

«грязное» чтение

Транзакция читает данные, записанные параллельной незавершённой транзакцией.

неповторяемое чтение

Транзакция повторно читает те же данные, что и раньше, и обнаруживает, что они были изменены другой транзакцией (которая завершилась после первого чтения).

фантомное чтение

Транзакция повторно выполняет запрос, возвращающий набор строк для некоторого условия, и обнаруживает, что набор строк, удовлетворяющих условию, изменился из-за транзакции, завершившейся за это время.

аномалия сериализации

Результат успешной фиксации группы транзакций оказывается несогласованным при всевозможных вариантах исполнения этих транзакций по очереди.

Уровни изоляции транзакций, описанные в стандарте SQL и реализованные в PostgreSQL, описываются в Таблице 13.1.

Таблица 13.1. Уровни изоляции транзакций

Уровень изоляции	«Грязное» чтение	Неповторяемое чтение	Фантомное чтение	Аномалия сериализации
Read uncommitted (Чтение незафиксированных данных)	Допускается, но не в PG	Возможно	Возможно	Возможно
Read committed (Чтение зафиксированных данных)	Невозможно	Возможно	Возможно	Возможно
Repeatable read (Повторяемое чтение)	Невозможно	Невозможно	Допускается, но не в PG	Возможно
Serializable (Сериализуемость)	Невозможно	Невозможно	Невозможно	Невозможно

В PostgreSQL вы можете запросить любой из четырёх уровней изоляции транзакций, однако внутри реализованы только три различных уровня, то есть режим Read Uncommitted в PostgreSQL действует как Read Committed. Причина этого в том, что только так можно сопоставить стандартные уровни изоляции с реализованной в PostgreSQL архитектурой многоверсионного управления конкурентным доступом.

В этой таблице также показано, что реализация Repeatable Read в PostgreSQL не допускает фантомного чтения. Это соответствует стандарту SQL, поскольку он устанавливает, каких аномалий *не* должно быть на определённых уровнях изоляции, но допускает и более строгие ограничения. Поведение имеющихся уровней изоляции подробно описывается в следующих подразделах.

Для выбора нужного уровня изоляции транзакций используется команда SET TRANSACTION.

> **Важно**
>
> Поведение некоторых функций и типов данных PostgreSQL в транзакциях подчиняется особым правилам. В частности, изменения последовательностей (и следовательно, счётчика в столбце, объявленному как `serial`) немедленно видны во всех остальных транзакциях и не откатываются назад, если выполнившая их транзакция прерывается. См. Раздел 9.17 и Подраздел 8.1.4.

13.2.1. Уровень изоляции Read Committed

Read Committed — уровень изоляции транзакции, выбираемый в PostgreSQL по умолчанию. В транзакции, работающей на этом уровне, запрос `SELECT` (без предложения `FOR UPDATE/SHARE`) видит только те данные, которые были зафиксированы до начала запроса; он никогда не увидит незафиксированных данных или изменений, внесённых в процессе выполнения запроса параллельными транзакциями. По сути запрос `SELECT` видит снимок базы данных в момент начала выполнения запроса. Однако `SELECT` видит результаты изменений, внесённых ранее в этой же транзакции, даже если они ещё не зафиксированы. Также заметьте, что два последовательных оператора `SELECT` могут видеть разные данные даже в рамках одной транзакции, если какие-то другие транзакции зафиксируют изменения после запуска первого `SELECT`, но до запуска второго.

Команды `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` ведут себя подобно `SELECT` при поиске целевых строк: они найдут только те целевые строки, которые были зафиксированы на момент начала команды. Однако к моменту, когда они будут найдены, эти целевые строки могут быть уже изменены (а также удалены или заблокированы) другой параллельной транзакцией. В этом случае запланированное изменение будет отложено до фиксирования или отката первой изменяющей данные транзакции (если она ещё выполняется). Если первая изменяющая транзакция откатывается, её результат отбрасывается и вторая изменяющая транзакция может продолжить изменение изначально полученной строки. Если первая транзакция зафиксировалась, но в результате удалила эту строку, вторая будет игнорировать её, а в противном случае попытается выполнить свою операцию с изменённой версией строки. Условие поиска в команде (предложение `WHERE`) вычисляется повторно для выяснения, соответствует ли по-прежнему этому условию изменённая версия строки. Если да, вторая изменяющая транзакция продолжают свою работу с изменённой версией строки. Применительно к командам `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` это означает, что изменённая версия строки блокируется и возвращается клиенту.

Похожим образом ведёт себя `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`. В режиме Read Committed каждая строка, предлагаемая для добавления, будет либо вставлена, либо изменена. Если не возникнет несвязанных ошибок, гарантируется один из этих двух исходов. Если конфликт будет вызван другой транзакцией, результат которой ещё не видим для `INSERT`, предложение `UPDATE` подействует на эту строку, даже несмотря на то, что эта команда обычным образом может не видеть *никакую* версию этой строки.

При выполнении `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO NOTHING` строка может не добавиться в результате действия другой транзакции, эффект которой не виден в снимке команды `INSERT`. Это опять же имеет место только в режиме Read Committed.

Вследствие описанных выше правил, изменяющая команда может увидеть несогласованное состояние: она может видеть результаты параллельных команд, изменяющих те же строки, что пытается изменить она, но при этом она не видит результаты этих команд в других строках таблиц. Из-за этого поведения уровень Read Committed не подходит для команд со сложными условиями поиска; однако он вполне пригоден для простых случаев. Например, рассмотрим изменение баланса счёта в таких транзакциях:

```
BEGIN;
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 12345;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 7534;
COMMIT;
```

Если две такие транзакции пытаются параллельно изменить баланс счёта 12345, мы, естественно, хотим, чтобы вторая транзакция работала с изменённой версией строки счёта. Так как каждая команда влияет только на определённую строку, если она будет видеть изменённую версию строки, это не приведёт к проблемам несогласованности.

В более сложных ситуациях уровень Read Committed может приводить к нежелательным результатам. Например, рассмотрим команду `DELETE`, работающую со строками, которые параллельно добавляет и удаляет из множества, определённого её условием, другая команда. Например, предположим, что `website` — таблица из двух строк, в которых `website.hits` равны `9` и `10`:

```
BEGIN;
UPDATE website SET hits = hits + 1;
-- выполняется параллельно:  DELETE FROM website WHERE hits = 10;
COMMIT;
```

Команда `DELETE` не сделает ничего, даже несмотря на то, что строка с `website.hits = 10` была в таблице и до, и после выполнения `UPDATE`. Это происходит потому, что строка со значением `9` до изменения пропускается, а когда команда `UPDATE` завершается и `DELETE` получает освободившуюся блокировку, строка с `10` теперь содержит `11`, а это значение уже не соответствует условию.

Так как в режиме Read Committed каждая команда начинается с нового снимка состояния, который включает результаты всех транзакций, зафиксированных к этому моменту, последующие команды в одной транзакции будут в любом случае видеть эффекты всех параллельных зафиксированных транзакций. Вопрос здесь состоит в том, видит ли *одна* команда абсолютно согласованное состояние базы данных.

Частичная изоляция транзакций, обеспечиваемая в режиме Read Committed, приемлема для множества приложений. Этот режим быстр и прост в использовании, однако он подходит не для всех случаев. Приложениям, выполняющим сложные запросы и изменения, могут потребоваться более строго согласованное представление данных, чем то, что даёт Read Committed.

13.2.2. Уровень изоляции Repeatable Read

В режиме *Repeatable Read* видны только те данные, которые были зафиксированы до начала транзакции, но не видны незафиксированные данные и изменения, произведённые другими транзакциями в процессе выполнения данной транзакции. (Однако запрос будет видеть эффекты предыдущих изменений в своей транзакции, несмотря на то, что они не зафиксированы.) Это самое строгое требование, которое стандарт SQL вводит для этого уровня изоляции, и при его выполнении предотвращаются все явления, описанные в Таблице 13.1, за исключением аномалий сериализации. Как было сказано выше, это не противоречит стандарту, так как он определяет только *минимальную* защиту, которая должна обеспечиваться на каждом уровне изоляции.

Этот уровень отличается от Read Committed тем, что запрос в транзакции данного уровня видит снимок данных на момент начала первого оператора в *транзакции* (не считая команд управления транзакциями), а не начала текущего оператора. Таким образом, последовательные команды `SELECT` в *одной* транзакции видят одни и те же данные; они не видят изменений, внесённых и зафиксированных другими транзакциями после начала их текущей транзакции.

Приложения, использующие этот уровень, должны быть готовы повторить транзакции в случае сбоев сериализации.

Команды `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` ведут себя подобно `SELECT` при поиске целевых строк: они найдут только те целевые строки, которые были зафиксированы на момент начала транзакции. Однако к моменту, когда они будут найдены, эти целевые строки могут быть уже изменены (а также удалены или заблокированы) другой параллельной транзакцией. В этом случае транзакция в режиме Repeatable Read будет ожидать фиксирования или отката первой изменяющей данные транзакции (если она ещё выполняется). Если первая изменяющая транзакция откатывается, её результат отбрасывается и текущая транзакция может продолжить изменение изначально полученной строки. Если же первая транзакция зафиксировалась и в результате изменила или удалила эту строку, а не просто заблокировала её, произойдёт откат текущей транзакции с сообщением

```
ОШИБКА:  не удалось сериализовать доступ из-за параллельного изменения
```

так как транзакция уровня Repeatable Read не может изменять или блокировать строки, изменённые другими транзакциями с момента её начала.

Когда приложение получает это сообщение об ошибке, оно должна прервать текущую транзакцию и попытаться повторить её с самого начала. Во второй раз транзакция увидит внесённое до этого изменение как часть начального снимка базы данных, так что новая версия строки вполне может использоваться в качестве отправной точки для изменения в повторной транзакции.

Заметьте, что потребность в повторении транзакции может возникнуть, только если эта транзакция изменяет данные; в транзакциях, которые только читают данные, конфликтов сериализации не бывает.

Режим Repeatable Read строго гарантирует, что каждая транзакция видит полностью стабильное представление базы данных. Однако это представление не обязательно будет согласовано с некоторым последовательным выполнением транзакций одного уровня. Например, даже транзакция, которая только читает данные, в этом режиме может видеть строку, показывающую, что некоторое задание завершено, но *не* видеть одну из строк логических частей задания, так как эта транзакция может прочитать более раннюю версию строки задания, чем ту, для которой параллельно добавлялась очередная логическая часть. Строго исполнить бизнес-правила в транзакциях, работающих на этом уровне изоляции, скорее всего не удастся без явных блокировок конфликтующих транзакций.

Для реализации уровня изоляции Repeatable Read применяется подход, который называется в академической литературе по базам данных и в других СУБД *Изоляция снимков* (Snapshot Isolation). По сравнению с системами, использующими традиционный метод блокировок, затрудняющий параллельное выполнение, при этом подходе наблюдается другое поведение и другая производительность. В некоторых СУБД могут существовать даже два отдельных уровня Repeatable Read и Snapshot Isolation с различным поведением. Допускаемые особые условия, представляющие отличия двух этих подходов, не были формализованы разработчиками теории БД до развития стандарта SQL и их рассмотрение выходит за рамки данного руководства. В полном объёме эта тема освещается в berenson95.

> **Примечание**
>
> До версии 9.1 в PostgreSQL при запросе режима Serializable поведение системы в точности соответствовало вышеописанному. Таким образом, чтобы сейчас получить старое поведение Serializable, нужно запрашивать режим Repeatable Read.

13.2.3. Уровень изоляции Serializable

Уровень *Serializable* обеспечивает самую строгую изоляцию транзакций. На этом уровне моделируется последовательное выполнение всех зафиксированных транзакций, как если бы транзакции выполнялись одна за другой, последовательно, а не параллельно. Однако, как и на уровне Repeatable Read, на этом уровне приложения должны быть готовы повторять транзакции из-за сбоев сериализации. Фактически этот режим изоляции работает так же, как и Repeatable Read, только он дополнительно отслеживает условия, при которых результат параллельно выполняемых сериализуемых транзакций может не согласовываться с результатом этих же транзакций, выполняемых по очереди. Это отслеживание не привносит дополнительных препятствий для выполнения, кроме тех, что присущи режиму Repeatable Read, но тем не менее создаёт некоторую добавочную нагрузку, а при выявлении исключительных условий регистрируется *аномалия сериализации* и происходит *сбой сериализации*.

Например, рассмотрим таблицу `mytab`, изначально содержащую:

```
 class | value
-------+-------
     1 |    10
     1 |    20
     2 |   100
     2 |   200
```

Предположим, что сериализуемая транзакция A вычисляет:

```
SELECT SUM(value) FROM mytab WHERE class = 1;
```

а затем вставляет результат (30) в поле `value` в новую строку со значением `class = 2`. В это же время сериализуемая транзакция B вычисляет:

```
SELECT SUM(value) FROM mytab WHERE class = 2;
```

получает результат 300 и вставляет его в новую строку со значением `class = 1`. Затем обе транзакции пытаются зафиксироваться. Если бы одна из этих транзакций работала в режиме Repeatable

Read, зафиксироваться могли бы обе; но так как полученный результат не соответствовал бы последовательному порядку, в режиме Serializable будет зафиксирована только одна транзакция, а вторая закончится откатом с сообщением:

```
ОШИБКА: не удалось сериализовать доступ из-за зависимостей чтения/записи между
  транзакциями
```

Это объясняется тем, что при выполнении A перед B транзакция B вычислила бы сумму 330, а не 300, а при выполнении в обратном порядке A вычислила бы другую сумму.

Рассчитывая, что сериализуемые транзакции предотвратят аномалии, важно понимать, что любые данные, полученные из постоянной таблицы пользователя, не должны считаться действительными, пока транзакция, прочитавшая их, не будет успешно зафиксирована. Это верно даже для транзакций, не модифицирующих данные, за исключением случая, когда данные считываются в *откладываемой* транзакции такого типа. В этом случае данные могут считаться действительными, так как такая транзакция ждёт, пока не сможет получить снимок, гарантированно предотвращающий подобные проблемы. Во всех остальных случаях приложения не должны полагаться на результаты чтения данных в транзакции, которая не была зафиксирована; в случае ошибки и отката приложения должны повторять транзакцию, пока она не будет завершена успешно.

Для полной гарантии сериализуемости в PostgreSQL применяются *предикатные блокировки*, то есть блокировки, позволяющие определить, когда запись могла бы повлиять на результат предыдущего чтения параллельной транзакции, если бы эта запись выполнялась сначала. В PostgreSQL эти блокировки не приводят к фактическим блокировкам данных и, следовательно, никоим образом *не* могут повлечь взаимоблокировки транзакций. Они помогают выявить и отметить зависимости между параллельными транзакциями уровня Serializable, которые в определённых сочетаниях могут приводить к аномалиям сериализации. Транзакции Read Committed или Repeatable Read для обеспечения целостности данных, напротив, должны либо блокировать таблицы целиком, что помешает пользователям обращаться к этим таблицам, либо применять `SELECT FOR UPDATE` или `SELECT FOR SHARE`, что не только заблокирует другие транзакции, но и создаст дополнительную нагрузку на диск.

Предикатные блокировки в PostgreSQL, как и в большинстве других СУБД, устанавливаются для данных, фактически используемых в транзакции. Они отображаются в системном представлении `pg_locks` со значением `mode` равным `SIReadLock`. Какие именно блокировки будут затребованы при выполнении запроса, зависит от плана запроса, при этом детализированные блокировки (например, блокировки строк) могут объединяться в более общие (например, в блокировки страниц) в процессе транзакции для экономии памяти, расходуемой для отслеживания блокировок. Транзакция `READ ONLY` может даже освободить свои блокировки SIRead до завершения, если обнаруживается, что конфликты, которые могли бы привести к аномалии сериализации, исключены. На самом деле для транзакций `READ ONLY` этот факт чаще всего устанавливается в самом начале, так что они обходятся без предикатных блокировок. Если же вы явно запросите транзакцию `SERIALIZABLE READ ONLY DEFERRABLE`, она будет заблокирована до тех пор, пока не сможет установить этот факт. (Это *единственный* случай, когда транзакции уровня Serializable блокируются, а транзакции Repeatable Read — нет.) С другой стороны, блокировки SIRead часто должны сохраняться и после фиксирования транзакции, пока не будут завершены другие, наложившиеся на неё транзакции.

При правильном использовании сериализуемые транзакции могут значительно упростить разработку приложений. Гарантия того, что любое сочетание успешно зафиксированных параллельных сериализуемых транзакций даст тот же результат, что и последовательность этих транзакций, выполненных по очереди, означает, что если вы уверены, что единственная транзакция определённого содержания работает правильно, когда она запускается отдельно, вы можете быть уверены, что она будет работать так же правильно в любом сочетании сериализуемых транзакций, вне зависимости от того, что они делают, либо же она не будет зафиксирована успешно. При этом важно, чтобы в среде, где применяется этот подход, была реализована общая обработка сбоев сериализации (которые можно определить по значению SQLSTATE '40001'), так как заведомо определить, какие именно транзакции могут стать жертвами зависимостей чтения/записи и не будут зафиксированы для предотвращения аномалий сериализации, обычно очень сложно. Отслеживание зависимостей чтения-записи неизбежно создаёт дополнительную нагрузку, как и перезапуск транзакций, не зафиксированных из-за сбоев сериализации, но если на другую чашу весов положить нагрузку и блокирование, связанные с применением явных блокировок и `SELECT FOR UPDATE` или `SELECT FOR SHARE`, использовать сериализуемые транзакции в ряде случаев окажется выгоднее.

Тогда как уровень изоляции транзакций Serializable в PostgreSQL позволяет фиксировать параллельные транзакции, только если есть уверенность, что тот же результат будет получен при последовательном их выполнении, он не всегда предотвращает ошибки, которые не возникли бы при действительно последовательном выполнении. В частности, можно столкнуться с нарушениями ограничений уникальности, вызванными наложением сериализуемых транзакций, даже после явной проверки отсутствия ключа перед добавлением его. Этого можно избежать, если *все* сериализуемые транзакции, добавляющие потенциально конфликтующие ключи, будут предварительно явно проверять, можно ли вставить ключ. Например, приложение, добавляющее новый ключ, может запрашивать его у пользователя и затем проверять, существует ли он, сначала пытаясь найти его, либо генерировать новый ключ, выбирая максимальное существующее значение и увеличивая его на один. Если некоторые сериализуемые транзакции добавляют новые ключи сразу, не следуя этому протоколу, возможны нарушения ограничений уникальности, даже когда они не наблюдались бы при последовательном выполнении этих транзакций.

Применяя сериализуемые транзакции для управления конкурентным доступом, примите к сведению следующие рекомендации:

- Объявляйте транзакции как `READ ONLY`, если это отражает их суть.
- Управляйте числом активных подключений, при необходимости используя пул соединений. Это всегда полезно для увеличения производительности, но особенно важно это в загруженной системе с сериализуемыми транзакциями.
- Заключайте в одну транзакцию не больше команд, чем необходимо для обеспечения целостности.
- Не оставляйте соединения «простаивающими в транзакции» дольше, чем необходимо. Для автоматического отключения затянувшихся транзакций можно применить параметр конфигурации idle_in_transaction_session_timeout.
- Исключите явные блокировки, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` там, где они не нужны благодаря защите, автоматически предоставляемой сериализуемыми транзакциями.
- Когда система вынуждена объединять предикатные блокировки уровня страницы в одну предикатную блокировку уровня таблицы из-за нехватки памяти, может возрасти частота сбоев сериализации. Избежать этого можно, увеличив параметр max_pred_locks_per_transaction, max_pred_locks_per_relation и/или max_pred_locks_per_page.
- Последовательное сканирование всегда влечёт за собой предикатную блокировку на уровне таблицы. Это приводит к увеличению сбоев сериализации. В таких ситуациях бывает полезно склонить систему к использованию индексов, уменьшая random_page_cost и/или увеличивая cpu_tuple_cost. Однако тут важно сопоставить выигрыш от уменьшения числа откатов и перезапусков транзакций с проигрышем от возможного менее эффективного выполнения запросов.

Для реализации уровня изоляции Serializable применяется подход, который называется в академической литературе по базам данных *Изоляция снимков* (Snapshot Isolation), с дополнительными проверками на предмет аномалий сериализации. По сравнению с другими системами, использующими традиционный метод блокировок, при этом подходе наблюдается другое поведение и другая производительность. Подробнее это освещается в ports12.

13.3. Явные блокировки

Для управления параллельным доступом к данным в таблицах PostgreSQL предоставляет несколько режимов явных блокировок. Эти режимы могут применяться для блокировки данных со стороны приложения в ситуациях, когда MVCC не даёт желаемый результат. Кроме того, большинство команд PostgreSQL автоматически получают блокировки соответствующих режимов, защищающие от удаления или изменения задействованных таблиц, несовместимого с характером выполняемой команды. (Например, TRUNCATE не может безопасно выполняться одновременно с другими операциями с этой таблицей, так что во избежание конфликта эта команда получает блокировку ACCESS EXCLUSIVE для данной таблицы.)

Список текущих активных блокировок на сервере можно получить, прочитав системное представление pg_locks. За дополнительными сведениями о наблюдении за состоянием менеджера блокировок обратитесь к Главе 27.

13.3.1. Блокировки на уровне таблицы

В приведённом ниже списке перечислены имеющиеся режимы блокировок и контексты, где их автоматически применяет PostgreSQL. Вы можете также явно запросить любую из этих блокировок с помощью команды LOCK. Помните, что все эти режимы работают на уровне таблицы, даже если имя режима содержит слово «row»; такие имена сложились исторически. В некоторой степени эти имена отражают типичное применение каждого режима блокировки, но смысл у всех один. Единственное, что действительно отличает один режим блокировки от другого, это набор режимов, с которыми конфликтует каждый из них (см. Таблицу 13.2). Две транзакции не могут одновременно владеть блокировками конфликтующих режимов для одной и той же таблицы. (Однако учтите, что транзакция никогда не конфликтует с собой. Например, она может запросить блокировку ACCESS EXCLUSIVE, а затем ACCESS SHARE для той же таблицы.) При этом разные транзакции свободно могут одновременно владеть блокировками неконфликтующих режимов. Заметьте, что некоторые режимы блокировки конфликтуют сами с собой (например, блокировкой ACCESS EXCLUSIVE в один момент времени может владеть только одна транзакция), а некоторые — нет (например, блокировку ACCESS SHARE могут получить сразу несколько транзакций).

Режимы блокировок на уровне таблицы

ACCESS SHARE (AccessShareLock)

Конфликтует только с режимом блокировки ACCESS EXCLUSIVE.

Команда SELECT получает такую блокировку для таблиц, на которые она ссылается. Вообще говоря, блокировку в этом режиме получает любой запрос, который только *читает* таблицу, но не меняет её данные.

ROW SHARE (RowShareLock)

Конфликтует с режимами блокировки EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE.

Команды SELECT FOR UPDATE и SELECT FOR SHARE получают такую блокировку для своих целевых таблиц (помимо блокировок ACCESS SHARE для любых таблиц, которые используется в этих запросах, но не в предложении FOR UPDATE/FOR SHARE).

ROW EXCLUSIVE (RowExclusiveLock)

Конфликтует с режимами блокировки SHARE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE.

Команды UPDATE, DELETE и INSERT получают такую блокировку для целевой таблицы (в дополнение к блокировкам ACCESS SHARE для всех других задействованных таблиц). Вообще говоря, блокировку в этом режиме получает любая команда, которая *изменяет данные* в таблице.

SHARE UPDATE EXCLUSIVE (ShareUpdateExclusiveLock)

Конфликтует с режимами блокировки SHARE UPDATE EXCLUSIVE, SHARE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE. Этот режим защищает таблицу от параллельного изменения схемы и запуска процесса VACUUM.

Запрашивается командами VACUUM (без FULL), ANALYZE, CREATE INDEX CONCURRENTLY, CREATE STATISTICS, COMMENT ON, REINDEX CONCURRENTLY и некоторыми видами ALTER INDEX и ALTER TABLE (за подробностями обратитесь к ALTER INDEX и ALTER TABLE).

SHARE (ShareLock)

Конфликтует с режимами блокировки ROW EXCLUSIVE, SHARE UPDATE EXCLUSIVE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE. Этот режим защищает таблицу от параллельного изменения данных.

Запрашивается командой CREATE INDEX (без параметра CONCURRENTLY).

SHARE ROW EXCLUSIVE (ShareRowExclusiveLock)

Конфликтует с режимами блокировки ROW EXCLUSIVE, SHARE UPDATE EXCLUSIVE, SHARE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE. Этот режим защищает таблицу от параллельных изменений данных и при этом он является самоисключающим, так что такую блокировку может получить только один сеанс.

Запрашивается командой CREATE TRIGGER и некоторыми формами ALTER TABLE (см. ALTER TABLE).

EXCLUSIVE (ExclusiveLock)

Конфликтует с режимами блокировки ROW SHARE, ROW EXCLUSIVE, SHARE UPDATE EXCLUSIVE, SHARE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE. Этот режим совместим только с блокировкой ACCESS SHARE, то есть параллельно с транзакцией, получившей блокировку в этом режиме, допускается только чтение таблицы.

Запрашивается командой REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY.

ACCESS EXCLUSIVE (AccessExclusiveLock)

Конфликтует со всеми режимами блокировки (ACCESS SHARE, ROW SHARE, ROW EXCLUSIVE, SHARE UPDATE EXCLUSIVE, SHARE, SHARE ROW EXCLUSIVE, EXCLUSIVE и ACCESS EXCLUSIVE). Этот режим гарантирует, что кроме транзакции, получившей эту блокировку, никакая другая транзакция не может обращаться к таблице каким-либо способом.

Запрашивается командами DROP TABLE, TRUNCATE, REINDEX, CLUSTER, VACUUM FULL и REFRESH MATERIALIZED VIEW (без CONCURRENTLY). Блокировку на этом уровне запрашивают также многие виды ALTER INDEX и ALTER TABLE. В этом режиме по умолчанию запрашивают блокировку и операторы LOCK TABLE, если явно не выбран другой режим.

Подсказка

Только блокировка ACCESS EXCLUSIVE блокирует оператор SELECT (без FOR UPDATE/SHARE).

Полученная транзакцией блокировка обычно сохраняется до конца транзакции. Но если блокировка получена после установки точки сохранения, она освобождается немедленно в случае отката к этой точке. Это согласуется с принципом действия ROLLBACK — эта команда отменяет эффекты всех команд после точки сохранения. То же справедливо и для блокировок, полученных в блоке исключений PL/pgSQL: при выходе из блока с ошибкой такие блокировки освобождаются.

Таблица 13.2. Конфликтующие режимы блокировки

Запрашиваемый режим блокировки	**Существующий режим блокировки**							
	ACCESS SHARE	ROW SHARE	ROW EXCL.	SHARE UPDATE EXCL.	SHARE	SHARE ROW EXCL.	EXCL.	ACCESS EXCL.
ACCESS SHARE								X
ROW SHARE							X	X
ROW EXCL.					X	X	X	X

Запрашиваемый режим блокировки	Существующий режим блокировки							
	ACCESS SHARE	ROW SHARE	ROW EXCL.	SHARE UPDATE EXCL.	SHARE	SHARE ROW EXCL.	EXCL.	ACCESS EXCL.
SHARE UPDATE EXCL.				X	X	X	X	X
SHARE			X	X		X	X	X
SHARE ROW EXCL.			X	X	X	X	X	X
EXCL.		X	X	X	X	X	X	X
ACCESS EXCL.	X	X	X	X	X	X	X	X

13.3.2. Блокировки на уровне строк

Помимо блокировок на уровне таблицы, существуют блокировки на уровне строк, перечисленные ниже с контекстами, где PostgreSQL применяет их по умолчанию. Полный перечень конфликтов блокировок на уровне строк приведён в Таблице 13.3. Заметьте, что одна транзакция может владеть несколькими конфликтующими блокировками одной строки, даже в разных подтранзакциях; но две разных транзакции никогда не получат конфликтующие блокировки одной и той же строки. Блокировки на уровне строк блокируют только *запись в определённые строки*, но никак не влияют на выборку. Снимаются такие блокировки, как и блокировки на уровне таблицы, в конце транзакции или при откате к точке сохранения.

Режимы блокировки на уровне строк

`FOR UPDATE`

В режиме `FOR UPDATE` строки, выданные оператором `SELECT`, блокируются как для изменения. При этом они защищаются от блокировки, изменения и удаления другими транзакциями до завершения текущей. То есть другие транзакции, пытающиеся выполнить `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE`, `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` или `SELECT FOR KEY SHARE` с этими строками, будут заблокированы до завершения текущей транзакции; и наоборот, команда `SELECT FOR UPDATE` будет ожидать окончания параллельной транзакции, в которой выполнилась одна из этих команд с той же строкой, а затем установит блокировку и вернёт изменённую строку (или не вернёт, если она была удалена). Однако в транзакции `REPEATABLE READ` или `SERIALIZABLE` возникнет ошибка, если блокируемая строка изменилась с момента начала транзакции. Подробнее это обсуждается в Разделе 13.4.

Режим блокировки `FOR UPDATE` также запрашивается на уровне строки любой командой `DELETE` и командой `UPDATE`, изменяющей значения определённых столбцов. В настоящее время блокировка с `UPDATE` касается столбцов, по которым создан уникальный индекс, применимый в качестве внешнего ключа (так что на частичные индексы и индексы выражений это не распространяется), но в будущем это может поменяться.

`FOR NO KEY UPDATE`

Действует подобно `FOR UPDATE`, но запрашиваемая в этом режиме блокировка слабее: она не будет блокировать команды `SELECT FOR KEY SHARE`, пытающиеся получить блокировку тех же строк. Этот режим блокировки также запрашивается любой командой `UPDATE`, которая не требует блокировки `FOR UPDATE`.

`FOR SHARE`

Действует подобно `FOR NO KEY UPDATE`, за исключением того, что для каждой из полученных строк запрашивается разделяемая, а не исключительная блокировка. Разделяемая блокировка не позволяет другим транзакциям выполнять с этими строками `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE` или `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, но допускает `SELECT FOR SHARE` и `SELECT FOR KEY SHARE`.

`FOR KEY SHARE`

Действует подобно `FOR SHARE`, но устанавливает более слабую блокировку: блокируется `SELECT FOR UPDATE`, но не `SELECT FOR NO KEY UPDATE`. Блокировка разделяемого ключа не позволяет другим транзакциям выполнять команды `DELETE` и `UPDATE`, только если они меняют значение ключа (но не другие `UPDATE`), и при этом допускает выполнение команд `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` и `SELECT FOR KEY SHARE`.

PostgreSQL не держит информацию об изменённых строках в памяти, так что никаких ограничений на число блокируемых строк нет. Однако блокировка строки может повлечь запись на диск, например, если `SELECT FOR UPDATE` изменяет выбранные строки, чтобы заблокировать их, при этом происходит запись на диск.

Таблица 13.3. Конфликтующие блокировки на уровне строк

Запрашиваемый режим блокировки	**Текущий режим блокировки**			
	FOR KEY SHARE	**FOR SHARE**	**FOR NO KEY UPDATE**	**FOR UPDATE**
FOR KEY SHARE				X
FOR SHARE			X	X
FOR NO KEY UPDATE		X	X	X
FOR UPDATE	X	X	X	X

13.3.3. Блокировки на уровне страниц

В дополнение к блокировкам на уровне таблицы и строк, для управления доступом к страницам таблиц в общих буферах используются блокировки на уровне страниц, исключительные и разделяемые. Эти блокировки освобождаются немедленно после выборки или изменения строк. Разработчикам приложений обычно можно не задумываться о блокировках страниц, здесь они упоминаются только для полноты картины.

13.3.4. Взаимоблокировки

Частое применение явных блокировок может увеличить вероятность *взаимоблокировок*, то есть ситуаций, когда две (или более) транзакций держат блокировки так, что взаимно блокируют друг друга. Например, если транзакция 1 получает исключительную блокировку таблицы A, а затем пытается получить исключительную блокировку таблицы B, которую до этого получила транзакция 2, в данный момент требующая исключительную блокировку таблицы A, ни одна из транзакций не сможет продолжить работу. PostgreSQL автоматически выявляет такие ситуации и разрешает их, прерывая одну из сцепившихся транзакций и тем самым позволяя другой (другим) продолжить работу. (Какая именно транзакция будет прервана, обычно сложно предсказать, так что рассчитывать на определённое поведение не следует.)

Заметьте, что взаимоблокировки могут вызываться и блокировками на уровне строк (таким образом, они возможны, даже если не применяются явные блокировки). Рассмотрим случай, когда две параллельных транзакции изменяют таблицу. Первая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 11111;
```

При этом она получает блокировку строки с указанным номером счёта. Затем вторая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 22222;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 11111;
```

Первый оператор `UPDATE` успешно получает блокировку указанной строки и изменяет данные в ней. Однако второй оператор `UPDATE` обнаруживает, что строка, которую он пытается изменить, уже заблокирована, так что он ждёт завершения транзакции, получившей блокировку. Таким образом, вторая транзакция сможет продолжиться только после завершения первой. Теперь первая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 22222;
```

Первая транзакция пытается получить блокировку заданной строки, но ей это не удаётся: эта блокировка уже принадлежит второй транзакции. Поэтому первой транзакции остаётся только ждать завершения второй. В результате первая транзакция блокируется второй, а вторая — первой: происходит взаимоблокировка. PostgreSQL выявляет эту ситуацию и прерывает одну из транзакций.

Обычно лучший способ предотвращения взаимоблокировок — добиться, чтобы все приложения, обращающиеся к базе данных, запрашивали блокировки нескольких объектов единообразно. В данном примере, если бы обе транзакции изменяли строки в одном порядке, взаимоблокировка бы не произошла. Блокировки в транзакции следует упорядочивать так, чтобы первой для какого-либо объекта запрашивалась наиболее ограничивающая из тех, которые для него потребуются. Если заранее обеспечить такой порядок нельзя, взаимоблокировки можно обработать по факту, повторяя прерванные транзакции.

Если ситуация взаимоблокировки не будет выявлена, транзакция, ожидающая блокировки на уровне таблицы или строки, будет ждать её освобождения неограниченное время. Это означает, что приложения не должны оставлять транзакции открытыми долгое время (например, ожидая ввода пользователя).

13.3.5. Рекомендательные блокировки

PostgreSQL также имеет средства создания блокировок, смысл которых определяют сами приложения. Такие блокировки называются *рекомендательными*, так как система не форсирует их использование — правильно их использовать должно само приложение. Рекомендательные блокировки бывают полезны для реализаций стратегий блокирования, плохо вписывающихся в модель MVCC. Например, рекомендательные блокировки часто применяются для исполнения стратегии пессимистичной блокировки, типичной для систем управления данными «плоский файл». Хотя для этого можно использовать и дополнительные флаги в таблицах, рекомендательные блокировки работают быстрее, не приводят к раздуванию таблиц и автоматически ликвидируются сервером в конце сеанса.

В PostgreSQL есть два варианта получить рекомендательные блокировки: на уровне сеанса и на уровне транзакции. Рекомендательная блокировка, полученная на уровне сеанса, удерживается, пока она не будет явно освобождена, или до конца сеанса. В отличие от стандартных рекомендательные блокировки уровня сеанса нарушают логику транзакций — блокировка, полученная в транзакции, даже если произойдёт откат этой транзакции, будет сохраняться в сеансе; аналогично, освобождение блокировки остаётся в силе, даже если транзакция, в которой оно было выполнено, позже прерывается. Вызывающий процесс может запросить блокировку несколько раз; при этом каждому запросу блокировки должен соответствовать запрос освобождения, чтобы она была действительно освобождена. Рекомендательные блокировки на уровне транзакций, напротив, во многом похожи на обычные блокировки: они автоматически освобождаются в конце транзакций и не требуют явного освобождения. Для кратковременного применения блокировок это поведение часто более уместно, чем поведение рекомендательных блокировок на уровне сеанса. Запросы рекомендательных блокировок одного идентификатора на уровне сеанса и на уровне транзакции будут блокировать друг друга вполне предсказуемым образом. Если сеанс уже владеет данной рекомендательной блокировкой, дополнительные запросы её в том же сеансе будут всегда успешны, даже если её ожидают другие сеансы. Это утверждение справедливо вне зависимости от того, на каком уровне (сеанса или транзакции) установлены или запрашиваются новые блокировки.

Как и остальные блокировки в PostgreSQL, все рекомендательные блокировки, связанные с любыми сеансами, можно просмотреть в системном представлении `pg_locks`.

И рекомендательные, и обычные блокировки сохраняются в области общей памяти, размер которой определяется параметрами конфигурации max_locks_per_transaction и max_connections. Важно, чтобы этой памяти было достаточно, так как в противном случае сервер не сможет выдать никакую блокировку. Таким образом, число рекомендательных блокировок, которые может выдать сервер, ограничивается обычно десятками или сотнями тысяч в зависимости от конфигурации сервера.

В определённых случаях при использовании рекомендательных блокировок, особенно в запросах с явными указаниями `ORDER BY` и `LIMIT`, важно учитывать, что получаемые блокировки могут зависеть от порядка вычисления SQL-выражений. Например:

```
SELECT pg_advisory_lock(id) FROM foo WHERE id = 12345; -- ok
SELECT pg_advisory_lock(id) FROM foo WHERE id > 12345 LIMIT 100; -- опасно!
SELECT pg_advisory_lock(q.id) FROM
(
  SELECT id FROM foo WHERE id > 12345 LIMIT 100
) q; -- ok
```

В этом примере второй вариант опасен, так как `LIMIT` не обязательно будет применяться перед вызовом функции блокировки. В результате приложение может получить блокировки, на которые оно не рассчитывает и которые оно не сможет освободить (до завершения сеанса). С точки зрения приложения такие блокировки окажутся в подвешенном состоянии, хотя они и будут отображаться в `pg_locks`.

Функции, предназначенные для работы с рекомендательными блокировками, описаны в Подразделе 9.27.10.

13.4. Проверки целостности данных на уровне приложения

Используя транзакции Read Committed, очень сложно обеспечить целостность данных с точки зрения бизнес-логики, так как представление данных смещается с каждым оператором и даже один оператор может не ограничиваться своим снимком состояния в случае конфликта записи.

Хотя транзакция Repeatable Read получает стабильное представление данных в процессе выполнения, с использованием снимков MVCC для проверки целостности данных всё же связаны тонкие моменты, включая так называемые *конфликты чтения/записи*. Если одна транзакция записывает данные, а другая в это же время пытается их прочитать (до или после записи), она не может увидеть результат работы первой. В таком случае создаётся впечатление, что читающая транзакция выполняется первой вне зависимости от того, какая из них была начата или зафиксирована раньше. Если этим всё и ограничивается, нет никаких проблем, но если читающая транзакция также пишет данные, которые читает параллельная транзакция, получается, что теперь эта транзакция будет исполняться, как будто она запущена перед другими вышеупомянутыми. Если же транзакция, которая должна исполняться как последняя, на самом деле зафиксирована первой, в графе упорядоченных транзакций легко может возникнуть цикл. И когда он возникает, проверки целостности не будут работать правильно без дополнительных мер.

Как было сказано в Подразделе 13.2.3, сериализуемые транзакции представляют собой те же транзакции Repeatable Read, но дополненные неблокирующим механизмом отслеживания опасных условий конфликтов чтения/записи. Когда выявляется условие, приводящее к циклу в порядке транзакций, одна из этих транзакций откатывается и этот цикл таким образом разрывается.

13.4.1. Обеспечение согласованности в сериализуемых транзакциях

Если для всех операций чтения и записи, нуждающихся в согласованном представлении данных, используются транзакции уровня изоляции Serializable, это обеспечивает необходимую согласованность без дополнительных усилий. Приложения из других окружений, применяющие сериализуемые транзакции для обеспечения целостности, в PostgreSQL в этом смысле будут «просто работать».

Применение этого подхода избавляет программистов приложений от лишних сложностей, если приложение использует инфраструктуру, которая автоматически повторяет транзакции в случае отката из-за сбоев сериализации. Возможно, `serializable` стоит даже установить в качестве уровня изоляции по умолчанию (`default_transaction_isolation`). Также имеет смысл принять меры для предотвращения использования других уровней изоляции, непреднамеренного или с целью обойти проверки целостности, например проверять уровень изоляции в триггерах.

Рекомендации по увеличению быстродействия приведены в Подразделе 13.2.3.

> **Предупреждение**
>
> Защита целостности с применением сериализуемых транзакций пока ещё не поддерживается в режиме горячего резерва (Раздел 26.5). Поэтому там, где применяется горячий резерв, следует использовать уровень Repeatable Read и явные блокировки на главном сервере.

13.4.2. Применение явных блокировок для обеспечения согласованности

Когда возможны несериализуемые операции записи, для обеспечения целостности строк и защиты от одновременных изменений, следует использовать `SELECT FOR UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` или соответствующий оператор `LOCK TABLE`. (`SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` защищают от параллельных изменений только возвращаемые строки, тогда как `LOCK TABLE` блокирует всю таблицу.) Это следует учитывать, перенося в PostgreSQL приложения из других СУБД.

Мигрируя в PostgreSQL из других СУБД также следует учитывать, что команда `SELECT FOR UPDATE` сама по себе не гарантирует, что параллельная транзакция не изменит или не удалит выбранную строку. Для получения такой гарантии в PostgreSQL нужно именно изменить эту строку, даже если никакие значения в ней менять не требуется. `SELECT FOR UPDATE` *временно блокирует* другие транзакции, не давая им получить ту же блокировку или выполнить команды `UPDATE` или `DELETE`, которые бы повлияли на заблокированную строку, но как только транзакция, владеющая этой блокировкой, фиксируется или откатывается, заблокированная транзакция сможет выполнить конфликтующую операцию, если только для данной строки действительно не был выполнен `UPDATE`, пока транзакция владела блокировкой.

Реализация глобальной целостности с использованием несериализуемых транзакций MVCC требует более вдумчивого подхода. Например, банковскому приложению может потребоваться проверить, равняется ли сумма всех расходов в одной таблице сумме приходов в другой, при том, что обе таблицы активно изменяются. Просто сравнивать результаты двух успешных последовательных команд `SELECT sum(...)` в режиме Read Committed нельзя, так как вторая команда может захватить результаты транзакций, пропущенных первой. Подсчитывая суммы в одной транзакции Repeatable Read, можно получить точную картину только для транзакций, которые были зафиксированы до начала данной, но при этом может возникнуть законный вопрос — будет ли этот результат актуален тогда, когда он будет выдан. Если транзакция Repeatable Read сама вносит какие-то изменения, прежде чем проверять равенство сумм, полезность этой проверки становится ещё более сомнительной, так как при проверке будут учитываться некоторые, но не все изменения, произошедшие после начала транзакции. В таких случаях предусмотрительный разработчик может заблокировать все таблицы, задействованные в проверке, чтобы получить картину действительности, не вызывающую сомнений. Для этого применяется блокировка `SHARE` (или более строгая), которая гарантирует, что в заблокированной таблице не будет незафиксированных изменений, за исключением тех, что внесла текущая транзакция.

Также заметьте, что, применяя явные блокировки для предотвращения параллельных операций записи, следует использовать либо режим Read Committed, либо в режиме Repeatable Read обязательно получать блокировки прежде, чем выполнять запросы. Блокировка, получаемая транзакцией Repeatable Read, гарантирует, что никакая другая транзакция, изменяющая таблицу, не выполняется, но если снимок состояния, полученный транзакцией, предшествует блокировке, он может не включать на данный момент уже зафиксированные изменения. Снимок состояния в транзакции Repeatable Read создаётся фактически на момент начала первой команды выборки или изменения данных (SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE), так что получить явные блокировки можно до того, как он будет сформирован.

13.5. Ограничения

Некоторые команды DDL, в настоящее время это TRUNCATE и формы ALTER TABLE, перезаписывающие таблицу, не являются безопасными с точки зрения MVCC. Это значит, что после фиксации усечения или перезаписи таблица окажется пустой для всех параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным перед фиксацией такой команды DDL. Это может проявиться только в транзакции, которая не обращалась к таблице до момента начала команды DDL — любая транзакция, которая обращалась к ней раньше, получила бы как минимум блокировку ACCESS SHARE, которая заблокировала бы эту команду DDL до завершения транзакции. Поэтому такие команды не приводят ни к каким видимым несоответствиям с содержимым таблицы при последовательных запросах к целевой таблице, хотя возможно видимое несоответствие между содержимым целевой таблицы и другими таблицами в базе данных.

Поддержка уровня изоляции Serializable ещё не реализована для целевых серверов горячего резерва (они описываются в Разделе 26.5). На данный момент самый строгий уровень изоляции, поддерживаемый в режиме горячего резерва, это Repeatable Read. Хотя и тогда, когда главный сервер выполняет запись в транзакциях Serializable, все резервные серверы в итоге достигают согласованного состояния, но транзакция Repeatable Read на резервном сервере иногда может увидеть промежуточное состояние, не соответствующее результату последовательного выполнения транзакций на главном сервере.

Внутренние обращения к системным каталогам осуществляются за рамками уровня изоляции текущей транзакции. Это означает, что создаваемые объекты базы данных, например таблицы, оказываются видимыми для параллельных транзакций уровня Repeatable Read и Serializable, несмотря на то, что строки в них не видны. С другой стороны, запросы, обращающиеся к системным каталогам напрямую, не будут видеть строки, представляющие недавно созданные объекты базы данных, если эти запросы используют более высокие уровни изоляции.

13.6. Блокировки и индексы

Хотя PostgreSQL обеспечивает неблокирующий доступ на чтение/запись к данным таблиц, для индексов в настоящий момент это поддерживается не в полной мере. PostgreSQL управляет доступом к различным типам индексов следующим образом:

Индексы типа B-дерево, GiST и SP-GiST

Для управления чтением/записью используются кратковременные блокировки на уровне страницы, исключительные и разделяемые. Блокировки освобождаются сразу после извлечения или добавления строки индекса. Эти типы индексов обеспечивают максимальное распараллеливание операций, не допуская взаимоблокировок.

Хеш-индексы

Для управления чтением/записью используются блокировки на уровне групп хеша. Блокировки освобождаются после обработки всей группы. Такие блокировки с точки зрения распараллеливания лучше, чем блокировки на уровне индекса, но не исключают взаимоблокировок, так как они сохраняются дольше, чем выполняется одна операция с индексом.

Индексы GIN

Для управления чтением/записью используются кратковременные блокировки на уровне страницы, исключительные и разделяемые. Блокировки освобождаются сразу после извлечения или добавления строки индекса. Но заметьте, что добавление значения в поле с GIN-индексом обычно влечёт добавление нескольких ключей индекса, так что GIN может проделывать целый ряд операций для одного значения.

В настоящее время в многопоточной среде наиболее производительны индексы-B-деревья; и так как они более функциональны, чем хеш-индексы, их рекомендуется использовать в такой среде для приложений, когда нужно индексировать скалярные данные. Если же нужно индексировать не скалярные данные, B-деревья не подходят, и вместо них следует использовать индексы GiST, SP-GiST или GIN.

Глава 14. Оптимизация производительности

Быстродействие запросов зависит от многих факторов. На некоторые из них могут воздействовать пользователи, а другие являются фундаментальными особенностями системы. В этой главе приводятся полезные советы, которые помогут понять их и оптимизировать производительность PostgreSQL.

14.1. Использование EXPLAIN

Выполняя любой полученный запрос, PostgreSQL разрабатывает для него *план запроса*. Выбор правильного плана, соответствующего структуре запроса и характеристикам данным, крайне важен для хорошей производительности, поэтому в системе работает сложный *планировщик*, задача которого — подобрать хороший план. Узнать, какой план был выбран для какого-либо запроса, можно с помощью команды EXPLAIN. Понимание плана — это искусство, и чтобы овладеть им, нужен определённый опыт, но этот раздел расскажет о самых простых вещах.

Приведённые ниже примеры показаны на тестовой базе данных, которая создаётся для выявления регрессий в исходных кодах PostgreSQL текущей версии. Для неё предварительно выполняется `VACUUM ANALYZE`. Вы должны получить похожие результаты, если возьмёте ту же базу данных и проделаете следующие действия, но примерная стоимость и ожидаемое число строк у вас может немного отличаться из-за того, что статистика команды `ANALYZE` рассчитывается по случайной выборке, а оценки стоимости зависят от конкретной платформы.

В этих примерах используется текстовый формат вывода `EXPLAIN`, принятый по умолчанию, как более компактный и удобный для восприятия человеком. Если вывод `EXPLAIN` нужно передать какой-либо программе для дальнейшего анализа, лучше использовать один из машинно-ориентированных форматов (XML, JSON или YAML).

14.1.1. Азы EXPLAIN

Структура плана запроса представляет собой дерево *узлов плана*. Узлы на нижнем уровне дерева — это узлы сканирования, которые возвращают необработанные данные таблицы. Разным типам доступа к таблице соответствуют разные узлы: последовательное сканирование, сканирование индекса и сканирование битовой карты. Источниками строк могут быть не только таблицы, но и например, предложения `VALUES` и функции, возвращающие множества во `FROM`, и они представляются отдельными типами узлов сканирования. Если запрос требует объединения, агрегатных вычислений, сортировки или других операций с исходными строками, над узлами сканирования появляются узлы, обозначающие эти операции. И так как обычно операции могут выполняться разными способами, на этом уровне тоже могут быть узлы разных типов. В выводе команды `EXPLAIN` для каждого узла в дереве плана отводится одна строка, где показывается базовый тип узла плюс оценка стоимости выполнения данного узла, которую сделал для него планировщик. Если для узла выводятся дополнительные свойства, в вывод могут добавляться дополнительные строки, с отступом от основной информации узла. В самой первой строке (основной строке самого верхнего узла) выводится общая стоимость выполнения для всего плана; именно это значение планировщик старается минимизировать.

Взгляните на следующий простейший пример, просто иллюстрирующий формат вывода:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;

                         QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Этот запрос не содержит предложения `WHERE`, поэтому он должен просканировать все строки таблицы, так что планировщик выбрал план простого последовательного сканирования. Числа, перечисленные в скобках (слева направо), имеют следующий смысл:

- Приблизительная стоимость запуска. Это время, которое проходит, прежде чем начнётся этап вывода данных, например для сортирующего узла это время сортировки.
- Приблизительная общая стоимость. Она вычисляется в предположении, что узел плана выполняется до конца, то есть возвращает все доступные строки. На практике родительский узел может досрочно прекратить чтение строк дочернего (см. приведённый ниже пример с `LIMIT`).
- Ожидаемое число строк, которое должен вывести этот узел плана. При этом так же предполагается, что узел выполняется до конца.
- Ожидаемый средний размер строк, выводимых этим узлом плана (в байтах).

Стоимость может измеряться в произвольных единицах, определяемых параметрами планировщика (см. Подраздел 19.7.2). Традиционно единицей стоимости считается операция чтения страницы с диска; то есть seq_page_cost обычно равен `1.0`, а другие параметры задаётся относительно него. Примеры в этом разделе выполняются со стандартными параметрами стоимости.

Важно понимать, что стоимость узла верхнего уровня включает стоимость всех его потомков. Также важно осознавать, что эта стоимость отражает только те факторы, которые учитывает планировщик. В частности, она не зависит от времени, необходимого для передачи результирующих строк клиенту, хотя оно может составлять значительную часть общего времени выполнения запроса. Тем не менее планировщик игнорирует эту величину, так как он всё равно не сможет изменить её, выбрав другой план. (Мы верим в то, что любой правильный план запроса выдаёт один и тот же набор строк.)

Значение `rows` здесь имеет особенность — оно выражает не число строк, обработанных или просканированных узлом плана, а число строк, выданных этим узлом. Часто оно окажется меньше числа просканированных строк в результате применённой к узлу фильтрации по условиям `WHERE`. В идеале, на верхнем уровне это значение будет приблизительно равно числу строк, которое фактически возвращает, изменяет или удаляет запрос.

Возвращаясь к нашему примеру:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;

                         QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Эти числа получаются очень просто. Выполните:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 'tenk1';
```

и вы увидите, что `tenk1` содержит 358 страниц диска и 10000 строк. Общая стоимость вычисляется как (число_чтений_диска * seq_page_cost) + (число_просканированных_строк * cpu_tuple_cost). По умолчанию, `seq_page_cost` равно 1.0, а `cpu_tuple_cost` — 0.01, так что приблизительная стоимость запроса равна (358 * 1.0) + (10000 * 0.01) = 458.

Теперь давайте изменим запрос, добавив в него предложение `WHERE`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 7000;

                             QUERY PLAN
------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=7001 width=244)
   Filter: (unique1 < 7000)
```

Заметьте, что в выводе `EXPLAIN` показано, что условие `WHERE` применено как «фильтр» к узлу плана Seq Scan (Последовательное сканирование). Это означает, что узел плана проверяет это условие для каждого просканированного им узла и выводит только те строки, которые удовлетворяют ему.

Предложение WHERE повлияло на оценку числа выходных строк. Однако при сканировании потребуется прочитать все 10000 строк, поэтому общая стоимость не уменьшилась. На деле она даже немного увеличилась (на 10000 * cpu_operator_cost, если быть точными), отражая дополнительное время, которое потребуется процессору на проверку условия WHERE.

Фактическое число строк результата этого запроса будет равно 7000, но значение rows даёт только приблизительное значение. Если вы попытаетесь повторить этот эксперимент, вы можете получить немного другую оценку; более того, она может меняться после каждой команды ANALYZE, так как ANALYZE получает статистику по случайной выборке таблицы.

Теперь давайте сделаем ограничение более избирательным:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100;

                                  QUERY PLAN
------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
   Recheck Cond: (unique1 < 100)
   ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
```

В данном случае планировщик решил использовать план из двух этапов: сначала дочерний узел плана просматривает индекс и находит в нём адреса строк, соответствующих условию индекса, а затем верхний узел собственно выбирает эти строки из таблицы. Выбирать строки по отдельности гораздо дороже, чем просто читать их последовательно, но так как читать придётся не все страницы таблицы, это всё равно будет дешевле, чем сканировать всю таблицу. (Использование двух уровней плана объясняется тем, что верхний узел сортирует адреса строк, выбранных из индекса, в физическом порядке, прежде чем читать, чтобы снизить стоимость отдельных чтений. Слово «bitmap» (битовая карта) в имени узла обозначает механизм, выполняющий сортировку.)

Теперь давайте добавим ещё одно условие в предложение WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND stringu1 = 'xxx';

                                  QUERY PLAN
------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.04..229.43 rows=1 width=244)
   Recheck Cond: (unique1 < 100)
   Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
   ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
         Index Cond: (unique1 < 100)
```

Добавленное условие stringu1 = 'xxx' уменьшает оценку числа результирующих строк, но не стоимость запроса, так как просматриваться будет тот же набор строк, что и раньше. Заметьте, что условие на stringu1 не добавляется в качестве условия индекса, так как индекс построен только по столбцу unique1. Вместо этого оно применяется как фильтр к строкам, полученным по индексу. В результате стоимость даже немного увеличилась, отражая добавление этой проверки.

В некоторых случаях планировщик предпочтёт «простой» план сканирования индекса:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = 42;

                                 QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------------
 Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1  (cost=0.29..8.30 rows=1 width=244)
   Index Cond: (unique1 = 42)
```

В плане такого типа строки таблицы выбираются в порядке индекса, в результате чего чтение их обходится дороже, но так как их немного, дополнительно сортировать положения строк не стоит. Вы часто будете встречать этот тип плана в запросах, которые выбирают всего одну строку. Также он часто задействуется там, где условие ORDER BY соответствует порядку индекса, так как в этих случаях для выполнения ORDER BY не требуется дополнительный шаг сортировки. В этом примере добавленная конструкция `ORDER BY unique1` будет использовать тот же план, потому что индекс уже неявно обеспечивает нужный порядок.

Планировщик может обработать конструкцию `ORDER BY` несколькими способами. Предыдущий пример показывает, что нужный порядок может быть получен неявным образом. Также планировщик может задействовать явную операцию `Sort`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 ORDER BY unique1;
                            QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
 Sort  (cost=1109.39..1134.39 rows=10000 width=244)
   Sort Key: unique1
   ->  Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..445.00 rows=10000 width=244)
```

Если подплан гарантирует сортировку по префиксу заданных ключей сортировки, планировщик может применить операцию `Incremental sort` (инкрементальную сортировку):

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 ORDER BY four, ten LIMIT 100;
                                              QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------
 Limit  (cost=521.06..538.05 rows=100 width=244)
   ->  Incremental Sort  (cost=521.06..2220.95 rows=10000 width=244)
         Sort Key: four, ten
         Presorted Key: four
         ->  Index Scan using index_tenk1_on_four on tenk1  (cost=0.29..1510.08
 rows=10000 width=244)
```

С инкрементальной сортировкой, в отличие от обычной, кортежи могут выдаваться до завершения сортировки всего результата, это в частности позволяет оптимизировать запросы с `LIMIT`. Кроме того, для инкрементальной сортировки может потребоваться меньше памяти, вследствие чего уменьшается вероятность вытеснения сортируемых данных на диск, но с другой стороны, требуется разделять результирующее множество на несколько частей, что влечёт дополнительные накладные расходы.

Если в таблице есть отдельные индексы по разным столбцам, фигурирующим в `WHERE`, планировщик может выбрать сочетание этих индексов (с AND и OR):

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000;

                                     QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=25.08..60.21 rows=10 width=244)
   Recheck Cond: ((unique1 < 100) AND (unique2 > 9000))
   ->  BitmapAnd  (cost=25.08..25.08 rows=10 width=0)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
               Index Cond: (unique1 < 100)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique2  (cost=0.00..19.78 rows=999 width=0)
               Index Cond: (unique2 > 9000)
```

Но для этого потребуется обойти оба индекса, так что это не обязательно будет выгоднее, чем просто просмотреть один индекс, а второе условие обработать как фильтр. Измените диапазон и вы увидите, как это повлияет на план.

Следующий пример иллюстрирует эффекты `LIMIT`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000 LIMIT 2;

                                     QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------------
 Limit  (cost=0.29..14.48 rows=2 width=244)
   ->  Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1  (cost=0.29..71.27 rows=10 width=244)
```

```
        Index Cond: (unique2 > 9000)
        Filter: (unique1 < 100)
```

Это тот же запрос, что и раньше, но добавили мы в него `LIMIT`, чтобы возвращались не все строки, и планировщик решает выполнять запрос по-другому. Заметьте, что общая стоимость и число строк для узла Index Scan рассчитываются в предположении, что он будет выполняться полностью. Однако узел Limit должен остановиться, получив только пятую часть всех строк, так что его стоимость будет составлять одну пятую от вычисленной ранее, и это и будет итоговой оценкой стоимости запроса. С другой стороны, планировщик мог бы просто добавить в предыдущий план узел Limit, но это не избавило бы от затрат на запуск сканирования битовой карты, а значит, общая стоимость была бы выше 25 единиц.

Давайте попробуем соединить две таблицы по столбцам, которые мы уже использовали:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                      QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------------------------
 Nested Loop  (cost=4.65..118.62 rows=10 width=488)
   ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244)
         Recheck Cond: (unique1 < 10)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
               Index Cond: (unique1 < 10)
   ->  Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.29..7.91 rows=1 width=244)
         Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
```

В этом плане появляется узел соединения с вложенным циклом, на вход которому поступают данные от двух его потомков, узлов сканирования. Эту структуру плана отражает отступ основных строк его узлов. Первый, или «внешний», потомок соединения — узел сканирования битовой карты, похожий на те, что мы видели раньше. Его стоимость и число строк те же, что мы получили бы для запроса `SELECT ... WHERE unique1 < 10`, так как к этому узлу добавлено предложение `WHERE unique1 < 10`. Условие `t1.unique2 = t2.unique2` ещё не учитывается, поэтому оно не влияет на число строк узла внешнего сканирования. Узел соединения с вложенным циклом будет выполнять узел «внутреннего» потомка для каждой строки, полученной из внешнего потомка. Значения столбцов из текущей внешней строки могут использоваться во внутреннем сканировании (в данном случае это значение `t1.unique2`), поэтому мы получаем план и стоимость примерно такие, как и раньше для простого запроса `SELECT ... WHERE t2.unique2 = константа`. (На самом деле оценочная стоимость немного меньше, в предположении, что при неоднократном сканировании индекса по `t2` положительную роль сыграет кеширование.) В результате стоимость узла цикла складывается из стоимости внешнего сканирования, цены внутреннего сканирования, умноженной на число строк (здесь 10 * 7.91), и небольшой наценки за обработку соединения.

В этом примере число выходных строк соединения равно произведению чисел строк двух узлов сканирования, но это не всегда будет так, потому что в дополнительных условиях `WHERE` могут упоминаться обе таблицы, так что применить их можно будет только в точке соединения, а не в одном из узлов сканирования. Например:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t2.unique2 < 10 AND t1.hundred < t2.hundred;

                                         QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
--------------------------
 Nested Loop  (cost=4.65..49.46 rows=33 width=488)
   Join Filter: (t1.hundred < t2.hundred)
   ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244)
         Recheck Cond: (unique1 < 10)
```

```
        ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
              Index Cond: (unique1 < 10)
  ->  Materialize  (cost=0.29..8.51 rows=10 width=244)
        ->  Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.29..8.46 rows=10
 width=244)
              Index Cond: (unique2 < 10)
```

Условие `t1.hundred < t2.hundred` не может быть проверено в индексе `tenk2_unique2`, поэтому оно применяется в узле соединения. Это уменьшает оценку числа выходных строк, тогда как число строк в узлах сканирования не меняется.

Заметьте, что здесь планировщик решил «материализовать» внутреннее отношение соединения, поместив поверх него узел плана Materialize (Материализовать). Это значит, что сканирование индекса `t2` будет выполняться только единожды, при том, что узлу вложенного цикла соединения потребуется прочитать данные десять раз, по числу строк во внешнем соединении. Узел Materialize сохраняет считанные данные в памяти, чтобы затем выдать их из памяти на следующих проходах.

Выполняя внешние соединения, вы можете встретить узлы плана с присоединёнными условиями, как обычными «Filter», так и «Join Filter» (Фильтр соединения). Условия Join Filter формируются из предложения `ON` для внешнего соединения, так что если строка не удовлетворяет условию Join Filter, она всё же выдаётся как строка, дополненная значениями NULL. Обычное же условие Filter применяется после правил внешнего соединения и поэтому полностью исключает строки. Во внутреннем соединении оба этих фильтра работают одинаково.

Если немного изменить избирательность запроса, мы можем получить совсем другой план соединения:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                        QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------
 Hash Join  (cost=230.47..713.98 rows=101 width=488)
   Hash Cond: (t2.unique2 = t1.unique2)
   ->  Seq Scan on tenk2 t2  (cost=0.00..445.00 rows=10000 width=244)
   ->  Hash  (cost=229.20..229.20 rows=101 width=244)
         ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
               Recheck Cond: (unique1 < 100)
               ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101
 width=0)
                     Index Cond: (unique1 < 100)
```

Здесь планировщик выбирает соединение по хешу, при котором строки одной таблицы записываются в хеш-таблицу в памяти, после чего сканируется другая таблица и для каждой её строки проверяется соответствие по хеш-таблице. Обратите внимание, что и здесь отступы отражают структуру плана: результат сканирования битовой карты по `tenk1` подаётся на вход узлу Hash, который конструирует хеш-таблицу. Затем она передаётся узлу Hash Join, который читает строки из узла внешнего потомка и проверяет их по этой хеш-таблице.

Ещё один возможный тип соединения — соединение слиянием:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, onek t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                        QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------
```

```
 Merge Join  (cost=198.11..268.19 rows=10 width=488)
   Merge Cond: (t1.unique2 = t2.unique2)
   ->  Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1 t1  (cost=0.29..656.28 rows=101
 width=244)
         Filter: (unique1 < 100)
   ->  Sort  (cost=197.83..200.33 rows=1000 width=244)
         Sort Key: t2.unique2
         ->  Seq Scan on onek t2  (cost=0.00..148.00 rows=1000 width=244)
```

Соединение слиянием требует, чтобы входные данные для него были отсортированы по ключам соединения. В этом плане данные tenk1 сортируются после сканирования индекса, при котором все строки просматриваются в правильном порядке, но таблицу onek выгоднее оказывается последовательно просканировать и отсортировать, так как в этой таблице нужно обработать гораздо больше строк. (Последовательное сканирование и сортировка часто бывает быстрее сканирования индекса, когда нужно отсортировать много строк, так как при сканировании по индексу обращения к диску не упорядочены.)

Один из способов посмотреть различные планы — принудить планировщик не считать выбранную им стратегию самой выгодной, используя флаги, описанные в Подразделе 19.7.1. (Это полезный, хотя и грубый инструмент. См. также Раздел 14.3.) Например, если мы убеждены, что последовательное сканирование и сортировка — не лучший способ обработать таблицу onek в предыдущем примере, мы можем попробовать

```
SET enable_sort = off;

EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, onek t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                        QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------
 Merge Join  (cost=0.56..292.65 rows=10 width=488)
   Merge Cond: (t1.unique2 = t2.unique2)
   ->  Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1 t1  (cost=0.29..656.28 rows=101
 width=244)
         Filter: (unique1 < 100)
   ->  Index Scan using onek_unique2 on onek t2  (cost=0.28..224.79 rows=1000
 width=244)
```

Видно, что планировщик считает сортировку onek со сканированием индекса примерно на 12% дороже, чем последовательное сканирование и сортировку. Конечно, может возникнуть вопрос — а правильно ли это? Мы можем ответить на него, используя описанную ниже команду EXPLAIN ANALYZE.

14.1.2. EXPLAIN ANALYZE

Точность оценок планировщика можно проверить, используя команду EXPLAIN с параметром ANALYZE. С этим параметром EXPLAIN на самом деле выполняет запрос, а затем выводит фактическое число строк и время выполнения, накопленное в каждом узле плана, вместе с теми же оценками, что выдаёт обычная команда EXPLAIN. Например, мы можем получить примерно такой результат:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                                            QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------
```

```
 Nested Loop  (cost=4.65..118.62 rows=10 width=488) (actual time=0.128..0.377 rows=10
 loops=1)
   ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244) (actual
 time=0.057..0.121 rows=10 loops=1)
         Recheck Cond: (unique1 < 10)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
 (actual time=0.024..0.024 rows=10 loops=1)
               Index Cond: (unique1 < 10)
   ->  Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.29..7.91 rows=1 width=244)
 (actual time=0.021..0.022 rows=1 loops=10)
         Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
 Planning time: 0.181 ms
 Execution time: 0.501 ms
```

Заметьте, что значения «actual time» (фактическое время) приводятся в миллисекундах, тогда как оценки `cost` (стоимость) выражаются в произвольных единицах, так что они вряд ли совпадут. Обычно важнее определить, насколько приблизительная оценка числа строк близка к действительности. В этом примере они в точности совпали, но на практике так бывает редко.

В некоторых планах запросов некоторый внутренний узел может выполняться неоднократно. Например, внутреннее сканирование индекса будет выполняться для каждой внешней строки во вложенном цикле верхнего уровня. В таких случаях значение `loops` (циклы) показывает, сколько всего раз выполнялся этот узел, а фактическое время и число строк вычисляется как среднее по всем итерациям. Это делается для того, чтобы полученные значения можно было сравнить с выводимыми приблизительными оценками. Чтобы получить общее время, затраченное на выполнение узла, время одной итерации нужно умножить на значение `loops`. В показанном выше примере мы потратили в общей сложности 0.220 мс на сканирование индекса в `tenk2`.

В ряде случаев `EXPLAIN ANALYZE` выводит дополнительную статистику по выполнению, включающую не только время выполнения узлов и число строк. Для узлов Sort и Hash, например выводится следующая информация:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2 ORDER BY t1.fivethous;

                                                                  QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------
 Sort  (cost=717.34..717.59 rows=101 width=488) (actual time=7.761..7.774 rows=100
 loops=1)
   Sort Key: t1.fivethous
   Sort Method: quicksort  Memory: 77kB
   ->  Hash Join  (cost=230.47..713.98 rows=101 width=488) (actual time=0.711..7.427
 rows=100 loops=1)
         Hash Cond: (t2.unique2 = t1.unique2)
         ->  Seq Scan on tenk2 t2  (cost=0.00..445.00 rows=10000 width=244) (actual
 time=0.007..2.583 rows=10000 loops=1)
         ->  Hash  (cost=229.20..229.20 rows=101 width=244) (actual time=0.659..0.659
 rows=100 loops=1)
               Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 28kB
               ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
 (actual time=0.080..0.526 rows=100 loops=1)
                     Recheck Cond: (unique1 < 100)
                     ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101
 width=0) (actual time=0.049..0.049 rows=100 loops=1)
                           Index Cond: (unique1 < 100)
 Planning time: 0.194 ms
 Execution time: 8.008 ms
```

Для узла Sort показывается использованный метод и место сортировки (в памяти или на диске), а также задействованный объём памяти. Для узла Hash выводится число групп и пакетов хеша, а также максимальный объём, который заняла в памяти хеш-таблица. (Если число пакетов больше одного, часть хеш-таблицы будет выгружаться на диск и занимать какое-то пространство, но его объём здесь не показывается.)

Другая полезная дополнительная информация — число строк, удалённых условием фильтра:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tenk1 WHERE ten < 7;

                                               QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
--------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=7000 width=244) (actual time=0.016..5.107
 rows=7000 loops=1)
   Filter: (ten < 7)
   Rows Removed by Filter: 3000
 Planning time: 0.083 ms
 Execution time: 5.905 ms
```

Эти значения могут быть особенно ценны для условий фильтра, применённых к узлам соединения. Строка «Rows Removed» выводится, только когда условие фильтра отбрасывает минимум одну просканированную строку или потенциальную пару соединения, если это узел соединения.

Похожую ситуацию можно наблюдать при сканировании «неточного» индекса. Например, рассмотрим этот план поиска многоугольников, содержащих указанную точку:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM polygon_tbl WHERE f1 @> polygon '(0.5,2.0)';

                                              QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------
 Seq Scan on polygon_tbl  (cost=0.00..1.05 rows=1 width=32) (actual time=0.044..0.044
 rows=0 loops=1)
   Filter: (f1 @> '((0.5,2))'::polygon)
   Rows Removed by Filter: 4
 Planning time: 0.040 ms
 Execution time: 0.083 ms
```

Планировщик полагает (и вполне справедливо), что таблица слишком мала для сканирования по индексу, поэтому он выбирает последовательное сканирование, при котором все строки отбрасываются условием фильтра. Но если мы принудим его выбрать сканирование по индексу, мы получим:

```
SET enable_seqscan TO off;

EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM polygon_tbl WHERE f1 @> polygon '(0.5,2.0)';

                                                        QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------------------------------
 Index Scan using gpolygonind on polygon_tbl  (cost=0.13..8.15 rows=1 width=32) (actual
 time=0.062..0.062 rows=0 loops=1)
   Index Cond: (f1 @> '((0.5,2))'::polygon)
   Rows Removed by Index Recheck: 1
 Planning time: 0.034 ms
 Execution time: 0.144 ms
```

Здесь мы видим, что индекс вернул одну потенциально подходящую строку, но затем она была отброшена при перепроверке условия индекса. Это объясняется тем, что индекс GiST является «неточным» для проверок включений многоугольников: фактически он возвращает строки с многоугольниками, перекрывающими точку по координатам, а затем для этих строк нужно выполнять точную проверку.

`EXPLAIN` принимает параметр `BUFFERS` (который также можно применять с `ANALYZE`), включающий ещё более подробную статистику выполнения запроса:

```
EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000;

                                                            QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------
---------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=25.08..60.21 rows=10 width=244) (actual
 time=0.323..0.342 rows=10 loops=1)
   Recheck Cond: ((unique1 < 100) AND (unique2 > 9000))
   Buffers: shared hit=15
   ->  BitmapAnd  (cost=25.08..25.08 rows=10 width=0) (actual time=0.309..0.309 rows=0
 loops=1)
         Buffers: shared hit=7
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
 (actual time=0.043..0.043 rows=100 loops=1)
               Index Cond: (unique1 < 100)
               Buffers: shared hit=2
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique2  (cost=0.00..19.78 rows=999 width=0)
 (actual time=0.227..0.227 rows=999 loops=1)
               Index Cond: (unique2 > 9000)
               Buffers: shared hit=5
 Planning time: 0.088 ms
 Execution time: 0.423 ms
```

Значения, которые выводятся с параметром `BUFFERS`, помогают понять, на какие части запроса приходится большинство операций ввода-вывода.

Не забывайте, что `EXPLAIN ANALYZE` действительно выполняет запрос, хотя его результаты могут не показываться, а заменяться выводом команды `EXPLAIN`. Поэтому при таком анализе возможны побочные эффекты. Если вы хотите проанализировать запрос, изменяющий данные, но при этом сохранить прежние данные таблицы, вы можете откатить транзакцию после запроса:

```
BEGIN;

EXPLAIN ANALYZE UPDATE tenk1 SET hundred = hundred + 1 WHERE unique1 < 100;

                                                            QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------
 Update on tenk1  (cost=5.07..229.46 rows=101 width=250) (actual time=14.628..14.628
 rows=0 loops=1)
   ->  Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.07..229.46 rows=101 width=250) (actual
 time=0.101..0.439 rows=100 loops=1)
         Recheck Cond: (unique1 < 100)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
 (actual time=0.043..0.043 rows=100 loops=1)
               Index Cond: (unique1 < 100)
 Planning time: 0.079 ms
 Execution time: 14.727 ms

ROLLBACK;
```

Как показано в этом примере, когда выполняется команда `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`, собственно изменение данных в таблице происходит в узле верхнего уровня Insert, Update или Delete. Узлы плана более низких уровней выполняют работу по нахождению старых строк и/или вычислению новых данных. Поэтому вверху мы видим тот же тип сканирования битовой карты, что и раньше, только теперь его вывод подаётся узлу Update, который сохраняет изменённые строки. Стоит отметить, что узел, изменяющий данные, может выполняться значительное время (в данном случае это составляет львиную часть всего времени), но планировщик не учитывает эту работу в оценке общей стоимости. Это связано с тем, что эта работа будет одинаковой при любом правильном плане запроса, и поэтому на выбор плана она не влияет.

Когда команда `UPDATE` или `DELETE` имеет дело с иерархией наследования, вывод может быть таким:

```
EXPLAIN UPDATE parent SET f2 = f2 + 1 WHERE f1 = 101;
                                    QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------------------
 Update on parent  (cost=0.00..24.53 rows=4 width=14)
   Update on parent
   Update on child1
   Update on child2
   Update on child3
   ->  Seq Scan on parent  (cost=0.00..0.00 rows=1 width=14)
         Filter: (f1 = 101)
   ->  Index Scan using child1_f1_key on child1  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
         Index Cond: (f1 = 101)
   ->  Index Scan using child2_f1_key on child2  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
         Index Cond: (f1 = 101)
   ->  Index Scan using child3_f1_key on child3  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
         Index Cond: (f1 = 101)
```

В этом примере узлу Update помимо изначально упомянутой в запросе родительской таблицы нужно обработать ещё три дочерние таблицы. Поэтому формируются четыре плана сканирования, по одному для каждой таблицы. Ясности ради для узла Update добавляется примечание, показывающее, какие именно таблицы будут изменяться, в том же порядке, в каком они идут в соответствующих внутренних планах. (Эти примечания появились в PostgreSQL 9.5; до этого о целевых таблицах приходилось догадываться, изучая внутренние планы узла.)

Под заголовком `Planning time` (Время планирования) команда `EXPLAIN ANALYZE` выводит время, затраченное на построение плана запроса из разобранного запроса и его оптимизацию. Время собственно разбора или перезаписи запроса в него не включается.

Значение `Execution time` (Время выполнения), выводимое командой `EXPLAIN ANALYZE`, включает продолжительность запуска и остановки исполнителя запроса, а также время выполнения всех сработавших триггеров, но не включает время разбора, перезаписи и планирования запроса. Время, потраченное на выполнение триггеров `BEFORE` (если такие имеются) включается во время соответствующих узлов Insert, Update или Delete node; но время выполнения триггеров `AFTER` не учитывается, так как триггеры `AFTER` срабатывают после выполнения всего плана. Общее время, проведённое в каждом триггере (`BEFORE` или `AFTER`), также выводится отдельно. Заметьте, что триггеры отложенных ограничений выполняются только в конце транзакции, так что время их выполнения `EXPLAIN ANALYZE` не учитывает.

14.1.3. Ограничения

Время выполнения, измеренное командой `EXPLAIN ANALYZE`, может значительно отличаться от времени выполнения того же запроса в обычном режиме. Тому есть две основных причины. Во-первых, так как при анализе никакие строки результата не передаются клиенту, время ввода/вывода и передачи по сети не учитывается. Во-вторых, может быть существенной дополнительная нагрузка, связанная с функциями измерений `EXPLAIN ANALYZE`, особенно в системах, где вызов `gettimeofday()` выполняется медленно. Для измерения этой нагрузки вы можете воспользоваться утилитой pg_test_timing.

Результаты `EXPLAIN` не следует распространять на ситуации, значительно отличающиеся от тех, в которых вы проводите тестирование. В частности, не следует полагать, что выводы, полученные для игрушечной таблицы, будут применимы и для настоящих больших таблиц. Оценки стоимости нелинейны и планировщик может выбирать разные планы в зависимости от размера таблицы. Например, в крайнем случае вся таблица может уместиться в одну страницу диска, и тогда вы почти наверняка получите план последовательного сканирования, независимо от того, есть у неё и индексы или нет. Планировщик понимает, что для обработки таблицы ему в любом случае потребуется прочитать одну страницу, так что нет никакого смысла обращаться к ещё одной странице за индексом. (Мы наблюдали это в показанном выше примере с `polygon_tbl`.)

Бывает, что фактическое и приближённо оценённое значения не совпадают, но в этом нет ничего плохого. Например, это возможно, когда выполнение плана узла прекращается преждевременно из-за указания `LIMIT` или подобного эффекта. Например, для запроса с `LIMIT`, который мы пробовали раньше:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000 LIMIT 2;

                                                          QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
 Limit  (cost=0.29..14.71 rows=2 width=244) (actual time=0.177..0.249 rows=2 loops=1)
   ->  Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1  (cost=0.29..72.42 rows=10 width=244)
 (actual time=0.174..0.244 rows=2 loops=1)
         Index Cond: (unique2 > 9000)
         Filter: (unique1 < 100)
         Rows Removed by Filter: 287
 Planning time: 0.096 ms
 Execution time: 0.336 ms
```

Оценки стоимости и числа строк для узла Index Scan показываются в предположении, что этот узел будет выполняться до конца. Но в действительности узел Limit прекратил запрашивать строки, как только получил первые две, так что фактическое число строк равно 2 и время выполнения запроса будет меньше, чем рассчитал планировщик. Но это не ошибка, а просто следствие того, что оценённые и фактические значения выводятся по-разному.

Соединения слиянием также имеют свои особенности, которые могут ввести в заблуждение. Соединение слиянием прекратит читать один источник данных, если второй будет прочитан до конца, а следующее значение ключа в первом больше последнего значения во втором. В этом случае пар строк больше не будет, так что сканировать первый источник дальше нет смысла. В результате будут прочитаны не все строки одного потомка и вы получите тот же эффект, что и с `LIMIT`. Кроме того, если внешний (первый) потомок содержит строки с повторяющимися значениями ключа, внутренний (второй) потомок сдвинется назад и повторно выдаст строки для этого значения ключа. `EXPLAIN ANALYZE` считает эти повторяющиеся строки, как если бы это действительно были дополнительные строки внутреннего источника. Когда во внешнем узле много таких повторений ключей, фактическое число строк, подсчитанное для внутреннего узла, может значительно превышать число строк в соответствующей таблице.

Для узлов BitmapAnd (Логическое произведение битовых карт) и BitmapOr (Логическое сложение битовых карт) фактическое число строк всегда равно 0 из-за ограничений реализации.

Обычно `EXPLAIN` выводит подробности для каждого узла плана, сгенерированного планировщиком. Однако бывают ситуации, когда исполнитель может определить, что некоторые узлы не нужно выполнять, так как они не могут выдать никакие строки, с учётом значений параметров, ставших известными уже после планирования. (В настоящее время это может произойти только с дочерними узлами `Append` или `MergeAppend`, сканирующими секционированную таблицу.) В таких ситуациях эти узлы плана не попадают в вывод `EXPLAIN`, а в плане появляется запись `Subplans Removed: N` (Подпланов удалено: N).

14.2. Статистика, используемая планировщиком

14.2.1. Статистика по одному столбцу

Как было показано в предыдущем разделе, планировщик запросов должен оценить число строк, возвращаемых запросов, чтобы сделать правильный выбор в отношении плана запроса. В этом разделе кратко описывается статистика, которую использует система для этих оценок.

В частности, статистика включает общее число записей в каждой таблице и индексе, а также число дисковых блоков, которые они занимают. Эта информация содержится в таблице pg_class, в столбцах reltuples и relpages. Получить её можно, например так:

```
SELECT relname, relkind, reltuples, relpages
FROM pg_class
WHERE relname LIKE 'tenk1%';

       relname        | relkind | reltuples | relpages
----------------------+---------+-----------+----------
 tenk1                | r       |     10000 |      358
 tenk1_hundred        | i       |     10000 |       30
 tenk1_thous_tenthous | i       |     10000 |       30
 tenk1_unique1        | i       |     10000 |       30
 tenk1_unique2        | i       |     10000 |       30
(5 rows)
```

Здесь мы видим, что tenk1 содержит 10000 строк данных и столько же строк в индексах, но объём индексов гораздо меньше таблицы (что неудивительно).

Для большей эффективности reltuples и relpages не пересчитываются «на лету», так что они обычно содержат несколько устаревшие значения. Их обновляют команды VACUUM, ANALYZE и несколько команд DDL, такие как CREATE INDEX. VACUUM и ANALYZE могут не сканировать всю таблицу (и обычно так и делают), а только вычислить приращение reltuples по части таблицы, так что результат остаётся приблизительным. В любом случае планировщик пересчитывает значения, полученные из pg_class, в пропорции к текущему физическому размеру таблицы и таким образом уточняет приближение.

Большинство запросов возвращают не все строки таблицы, а только немногие из них, ограниченные условиями WHERE. Поэтому планировщику нужно оценить *избирательность* условий WHERE, то есть определить, какой процент строк будет соответствовать каждому условию в предложении WHERE. Нужная для этого информация хранится в системном каталоге pg_statistic. Значения в pg_statistic обновляются командами ANALYZE и VACUUM ANALYZE и никогда не бывают точными, даже сразу после обновления.

Для исследования статистики лучше обращаться не непосредственно к таблице pg_statistic, а к представлению pg_stats, предназначенному для облегчения восприятия этой информации. Кроме того, представление pg_stats доступно для чтения всем, тогда как pg_statistic — только суперпользователям. (Это сделано для того, чтобы непривилегированные пользователи не могли ничего узнать о содержимом таблиц других людей из статистики. Представление pg_stats устроено так, что оно показывает строки только для тех таблиц, которые может читать данный пользователь.) Например, мы можем выполнить:

```
SELECT attname, inherited, n_distinct,
       array_to_string(most_common_vals, E'\n') as most_common_vals
FROM pg_stats
WHERE tablename = 'road';

 attname | inherited | n_distinct |          most_common_vals
---------+-----------+------------+------------------------------------
 name    | f         |  -0.363388 | I- 580                        Ramp+
         |           |            | I- 880                        Ramp+
         |           |            | Sp Railroad                       +
         |           |            | I- 580                            +
         |           |            | I- 680                        Ramp
 name    | t         |  -0.284859 | I- 880                        Ramp+
         |           |            | I- 580                        Ramp+
         |           |            | I- 680                        Ramp+
```

```
        |          |          | I- 580                    +
        |          |          | State Hwy 13           Ramp
(2 rows)
```

Заметьте, что для одного столбца показываются две строки: одна соответствует полной иерархии наследования, построенной для таблицы road (inherited=t), и другая относится непосредственно к таблице road (inherited=f).

Объём информации, сохраняемой в pg_statistic командой ANALYZE, в частности максимальное число записей в массивах most_common_vals (самые популярные значения) и histogram_bounds (границы гистограмм) для каждого столбца, можно ограничить на уровне столбцов с помощью команды ALTER TABLE SET STATISTICS или глобально, установив параметр конфигурации default_statistics_target. В настоящее время ограничение по умолчанию равно 100 записям. Увеличивая этот предел, можно повысить точность оценок планировщика, особенно для столбцов с нерегулярным распределением данных, ценой роста размера pg_statistic и незначительного увеличения времени расчёта этих оценок. И напротив, для столбцов с простым распределением данных может быть достаточно меньшего предела.

Подробнее использование статистики планировщиком описывается в Главе 71.

14.2.2. Расширенная статистика

Часто наблюдается картина, когда медленное выполнение запросов объясняется плохим выбором плана из-за того, что несколько столбцов, фигурирующих в условиях запроса, оказываются связанными. Обычно планировщик полагает, что несколько условий не зависят друг от друга, а это предположение оказывается неверным, когда значения этих столбцов коррелируют. Обычная статистика, которая по природе своей строится по отдельным столбцам, не может выявить корреляции между столбцами. Однако PostgreSQL имеет возможность вычислять *многовариантную статистику*, которая может собирать необходимую для этого информацию.

Так как число возможных комбинаций столбцов очень велико, автоматически вычислять многовариантную статистику непрактично. Вместо этого можно создать *объекты расширенной статистики*, чаще называемые просто *объектами статистики*, чтобы сервер собирал статистику по некоторым наборам столбцов, представляющим интерес.

Объекты статистики создаются командой CREATE STATISTICS. При создании такого объекта просто добавляется запись в каталоге, выражающая востребованность этой статистики. Собственно сбор данных выполняется процедурой ANALYZE (запускаемой вручную или автоматически в фоновом процессе). Изучить собранные значения можно в каталоге pg_statistic_ext_data.

Команда ANALYZE вычисляет расширенную статистику по той же выборке строк таблицы, которая используется и для вычисления обычной статистики по отдельным столбцам. Так как размер выборки увеличивается с увеличением целевого ограничения статистики для таблицы или любых её столбцов (как описано в предыдущем разделе), при большем целевом ограничении обычно получается более точная расширенная статистика, но и времени на её вычисление требуется больше.

В следующих подразделах описываются виды расширенной статистики, поддерживаемые в настоящее время.

14.2.2.1. Функциональные зависимости

Простейший вид расширенной статистики отслеживает *функциональные зависимости* (это понятие используется в определении нормальных форм баз данных). Мы называем столбец b функционально зависимым от столбца a, если знания значения a достаточно для определения значения b, то есть не существует двух строк с одинаковыми значениями a, но разными значениями b. В полностью нормализованной базе данных функциональные зависимости должны существовать только в первичных ключах и суперключах. Однако на практике многие наборы данных не нормализуются полностью по разным причинам; например, денормализация часто производится намеренно по соображениям производительности.

Существование функциональных зависимостей напрямую влияет на точность оценок в определённых запросах. Если запрос содержит условия как по независимым, так и по зависимым столбцам, условия по зависимым столбцам дополнительно не сокращают размер результата. Однако без знания о функциональной зависимости планировщик запросов будет полагать, что все условия независимы, и недооценит размер результата.

Для информирования планировщика о функциональных зависимостях команда `ANALYZE` может собирать показатели зависимостей между столбцами. Оценить степень зависимости между всеми наборами столбцов обошлось бы непозволительно дорого, поэтому сбор данных ограничивается только теми группами столбцов, которые фигурируют вместе в объекте статистики, определённом со свойством `dependencies`. Во избежание ненужных издержек при выполнении `ANALYZE` и последующем планировании запросов статистику с `dependencies` рекомендуется создавать только для групп сильно коррелирующих столбцов.

Взгляните на пример сбора статистики функциональной зависимости:

```
CREATE STATISTICS stts (dependencies) ON city, zip FROM zipcodes;

ANALYZE zipcodes;

SELECT stxname, stxkeys, stxddependencies
  FROM pg_statistic_ext join pg_statistic_ext_data on (oid = stxoid)
  WHERE stxname = 'stts';
 stxname | stxkeys |             stxddependencies
---------+---------+------------------------------------------
 stts    | 1 5     | {"1 => 5": 1.000000, "5 => 1": 0.423130}
(1 row)
```

В показанном случае столбец 1 (код zip) полностью определяет столбец 5 (city), так что коэффициент равен 1.0, тогда как город (столбец city) определяет код ZIP только в 42% всех случаев, что означает, что многие города (58%) представлены несколькими кодами ZIP.

При вычислении избирательности запроса, в котором задействованы функционально зависимые столбцы, планировщик корректирует оценки избирательности по условиям, используя коэффициенты зависимостей, чтобы не допустить недооценки размера результата.

14.2.2.1.1. Ограничения функциональных зависимостей

Функциональные зависимости в настоящее время применяются только при рассмотрении простых условий с равенствами, сравнивающих значения столбцов с константами, и условиями `IN` с константами. Они не используются для улучшения оценок при проверке равенства двух столбцов или сравнении столбца с выражением, а также в условиях с диапазоном, условиях `LIKE` или любых других видах условий.

Рассматривая функциональные зависимости, планировщик предполагает, что условия по задействованным столбцам совместимы и таким образом избыточны. Если условия несовместимы, правильной оценкой должен быть ноль строк, но эта возможность не рассматривается. Например, с таким запросом

```
SELECT * FROM zipcodes WHERE city = 'San Francisco' AND zip = '94105';
```

планировщик отбросит условие с `city`, так как оно не влияет на избирательность, что верно. Однако он сделает то же предположение и в таком случае:

```
SELECT * FROM zipcodes WHERE city = 'San Francisco' AND zip = '90210';
```

хотя на самом деле этому запросу будет удовлетворять ноль строк. Но статистика функциональной зависимости не даёт достаточно информации, чтобы прийти к такому заключению.

Во многих практических ситуациях это предположение обычно удовлетворяется; например, графический интерфейс приложения для последующего формирования запроса может не допускать выбор несовместимого сочетания города и кода ZIP. Но когда это не так, статистика функциональной зависимости может не подойти.

14.2.2.2. Многовариантное число различных значений

Статистика по одному столбцу содержит число различных значений в каждом отдельном столбце. Оценки числа различных значений в сочетании нескольких столбцов (например, в `GROUP BY a, b`) часто оказываются ошибочными, когда планировщик имеет статистические данные только по отдельным столбцам, что приводит к выбору плохих планов.

Для улучшения таких оценок операция `ANALYZE` может собирать статистику по различным значениям для группы столбцов. Как и ранее, это непрактично делать для каждой возможной группы столбцов, так что данные собираются только по тем группам столбцов, которые указаны в определении объекта статистики, создаваемого со свойством `ndistinct`. Данные будут собираться по всем возможным сочетаниям из двух или нескольких столбцов из перечисленных в определении.

В продолжение предыдущего примера, количества различных значений в таблице ZIP-кодов могут выглядеть так:

```
CREATE STATISTICS stts2 (ndistinct) ON city, state, zip FROM zipcodes;

ANALYZE zipcodes;

SELECT stxkeys AS k, stxdndistinct AS nd
  FROM pg_statistic_ext join pg_statistic_ext_data on (oid = stxoid)
  WHERE stxname = 'stts2';
-[ RECORD 1 ]------------------------------------------------------
k  | 1 2 5
nd | {"1, 2": 33178, "1, 5": 33178, "2, 5": 27435, "1, 2, 5": 33178}
(1 row)
```

Как видно, есть три комбинации столбцов, имеющих 33178 различных значений: код ZIP и штат; код ZIP и город; код ZIP, город и штат (то, что все эти числа равны, ожидаемый факт, так как сам по себе код ZIP в этой таблице уникален). С другой стороны, сочетание города и штата даёт только 27435 различных значений.

Объект статистики `ndistinct` рекомендуется создавать только для тех сочетаний столбцов, которые действительно используются при группировке, и только когда неправильная оценка числа групп может привести к выбору плохих планов. В противном случае усилия, потраченные на выполнение `ANALYZE`, будут напрасными.

14.2.2.3. Многовариантные списки MCV

Ещё один тип статистики, сохраняемой для каждого столбца, представляют списки частых значений. Такие списки позволяют получать очень точную оценку для отдельных столбцов, но для запросов, содержащих условия с несколькими столбцами, полученная по ним оценка может быть значительно искажена.

Для улучшения таких оценок операция `ANALYZE` может собирать списки MCV по комбинациям столбцов. Подобно статистике функциональных зависимостей и различных значений, такую статистику непрактично собирать для каждой возможной группировки столбцов. В данном случае это ещё более актуально, так как списки MCV (в отличие от двух упомянутых статистик) содержат распространённые значения столбцов. Поэтому данные для них собираются только по тем группам столбцов, которые фигурируют в объекте статистики, определённом с указанием `mcv`.

В продолжение предыдущего примера, список MCV для таблицы ZIP-кодов может выглядеть следующим образом (в отличие от более простых типов статистики, для его анализа требуется применить функцию):

```
CREATE STATISTICS stts3 (mcv) ON city, state FROM zipcodes;

ANALYZE zipcodes;

SELECT m.* FROM pg_statistic_ext join pg_statistic_ext_data on (oid = stxoid),
```

```
                  pg_mcv_list_items(stxdmcv) m WHERE stxname = 'stts3';

 index |         values         | nulls | frequency | base_frequency
-------+------------------------+-------+-----------+----------------
     0 | {Washington, DC}       | {f,f} |  0.003467 |        2.7e-05
     1 | {Apo, AE}              | {f,f} |  0.003067 |        1.9e-05
     2 | {Houston, TX}          | {f,f} |  0.002167 |       0.000133
     3 | {El Paso, TX}          | {f,f} |     0.002 |       0.000113
     4 | {New York, NY}         | {f,f} |  0.001967 |       0.000114
     5 | {Atlanta, GA}          | {f,f} |  0.001633 |        3.3e-05
     6 | {Sacramento, CA}       | {f,f} |  0.001433 |        7.8e-05
     7 | {Miami, FL}            | {f,f} |    0.0014 |          6e-05
     8 | {Dallas, TX}           | {f,f} |  0.001367 |        8.8e-05
     9 | {Chicago, IL}          | {f,f} |  0.001333 |        5.1e-05
   ...
(99 rows)
```

Выводимая информация показывает, что наиболее распространённую комбинацию города и штата образует Washington и DC, с частотой около 0.35% (в объёме выборки). Базовая частота этой комбинации (вычисленная из частот значений в отдельных столбцах) составляет всего 0.0027%, то есть эта оценка оказывается заниженной на два порядка.

Объекты статистики MCV рекомендуется создавать только для тех сочетаний столбцов, которые действительно используются в условиях вместе, и только когда неправильная оценка числа групп может привести к выбору плохих планов. В противном случае усилия, потраченные на выполнение ANALYZE и планирование, будут напрасными.

14.3. Управление планировщиком с помощью явных предложений JOIN

Поведением планировщика в некоторой степени можно управлять, используя явный синтаксис JOIN. Понять, когда и почему это бывает нужно, поможет небольшое введение.

В простом запросе с соединением, например таком:

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
```

планировщик может соединять данные таблицы в любом порядке. Например, он может разработать план, в котором сначала A соединяется с B по условию WHERE a.id = b.id, а затем C соединяется с получившейся таблицей по другому условию WHERE. Либо он может соединить B с C, а затем с A результатом соединения. Он также может соединить сначала A с C, а затем результат с B — но это будет не эффективно, так как ему придётся сформировать полное декартово произведение A и C из-за отсутствия в предложении WHERE условия, подходящего для оптимизации соединения. (В PostgreSQL исполнитель запросов может соединять только по две таблицы, поэтому для получения результата нужно выбрать один из этих способов.) При этом важно понимать, что все эти разные способы соединения дают одинаковые по смыслу результаты, но стоимость их может различаться многократно. Поэтому планировщик должен изучить их все и найти самый эффективный способ выполнения запроса.

Когда запрос включает только две или три таблицы, возможны всего несколько вариантов их соединения. Но их число растёт экспоненциально с увеличением числа задействованных таблиц. Если число таблиц больше десяти, уже практически невозможно выполнить полный перебор всех вариантов, и даже для шести или семи таблиц планирование может занять недопустимо много времени. Когда таблиц слишком много, планировщик PostgreSQL переключается с полного поиска на алгоритм *генетического* вероятностного поиска в ограниченном числе вариантов. (Порог для этого переключения задаётся параметром выполнения geqo_threshold.) Генетический поиск выполняется быстрее, но не гарантирует, что найденный план будет наилучшим.

Когда запрос включает внешние соединения, планировщик имеет меньше степеней свободы, чем с обычными (внутренними) соединениями. Например, рассмотрим запрос:

```
SELECT * FROM a LEFT JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

Хотя ограничения в этом запросе очень похожи на показанные в предыдущем примере, смысл его отличается, так как результирующая строка должна выдаваться для каждой строки A, даже если для неё не находится соответствия в соединении B и C. Таким образом, здесь планировщик не может выбирать порядок соединения: он должен соединить B с C, а затем соединить A с результатом. Соответственно, и план этого запроса построится быстрее, чем предыдущего. В других случаях планировщик сможет определить, что можно безопасно выбрать один из нескольких способов соединения. Например, для запроса:

```
SELECT * FROM a LEFT JOIN b ON (a.bid = b.id) LEFT JOIN c ON (a.cid = c.id);
```

можно соединить A либо с B, либо с C. В настоящее время только `FULL JOIN` полностью ограничивает порядок соединения. На практике в большинстве запросов с `LEFT JOIN` и `RIGHT JOIN` порядком можно управлять в некоторой степени.

Синтаксис явного внутреннего соединения (`INNER JOIN`, `CROSS JOIN` или лаконичный `JOIN`) по смыслу равнозначен перечислению отношений в предложении `FROM`, так что он никак не ограничивает порядок соединений.

Хотя большинство видов `JOIN` не полностью ограничивают порядок соединения, в PostgreSQL можно принудить планировщик обрабатывать все предложения `JOIN` как ограничивающие этот порядок. Например, следующие три запроса логически равнозначны:

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a CROSS JOIN b CROSS JOIN c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

Но если мы укажем планировщику соблюдать порядок `JOIN`, на планирование второго и третьего уйдёт меньше времени. Когда речь идёт только о трёх таблицах, выигрыш будет незначительным, но для множества таблиц это может быть очень эффективно.

Чтобы планировщик соблюдал порядок внутреннего соединения, выраженный явно предложениями `JOIN`, нужно присвоить параметру выполнения join_collapse_limit значение 1. (Другие допустимые значения обсуждаются ниже.)

Чтобы сократить время поиска, необязательно полностью ограничивать порядок соединений, в `JOIN` можно соединять элементы как в обычном списке `FROM`. Например, рассмотрите следующий запрос:

```
SELECT * FROM a CROSS JOIN b, c, d, e WHERE ...;
```

Если `join_collapse_limit` = 1, планировщик будет вынужден соединить A с B раньше, чем результат с другими таблицами, но в дальнейшем выборе вариантов он не ограничен. В данном примере число возможных вариантов соединения уменьшается в 5 раз.

Упрощать для планировщика задачу перебора вариантов таким способом — это полезный приём, помогающий не только выбрать сократить время планирования, но и подтолкнуть планировщик к хорошему плану. Если планировщик по умолчанию выбирает неудачный порядок соединения, вы можете заставить его выбрать лучший, применив синтаксис `JOIN`, конечно если вы сами его знаете. Эффект подобной оптимизации рекомендуется подтверждать экспериментально.

На время планирования влияет и другой, тесно связанный фактор — решение о включении подзапросов в родительский запрос. Пример такого запроса:

```
SELECT *
FROM x, y,
    (SELECT * FROM a, b, c WHERE something) AS ss
WHERE somethingelse;
```

Такая же ситуация может возникнуть с представлением, содержащим соединение; вместо ссылки на это представление будет вставлено его выражение `SELECT` и в результате получится запрос, похожий на показанный выше. Обычно планировщик старается включить подзапрос в родительский запрос и получить таким образом:

```
SELECT * FROM x, y, a, b, c WHERE something AND somethingelse;
```

Часто это позволяет построить лучший план, чем при планировании подзапросов по отдельности. (Например, внешние условия WHERE могут быть таковы, что при соединении сначала X с A будет исключено множество строк A, а значит формировать логический результат подзапроса полностью не потребуется.) Но в то же время тем самым мы увеличиваем время планирования; две задачи соединения трёх элементов мы заменяем одной с пятью элементами. Так как число вариантов увеличивается экспоненциально, сложность задачи увеличивается многократно. Планировщик пытается избежать проблем поиска с огромным числом вариантов, рассматривая подзапросы отдельно, если в предложении FROM родительского запроса оказывается больше чем from_collapse_limit элементов. Изменяя этот параметр выполнения, можно подобрать оптимальное соотношение времени планирования и качества плана.

Параметры from_collapse_limit и join_collapse_limit называются похоже, потому что они делают практически одно и то же: первый параметр определяет, когда планировщик будет «сносить» в предложение FROM подзапросы, а второй — явные соединения. Обычно join_collapse_limit устанавливается равным from_collapse_limit (чтобы явные соединения и подзапросы обрабатывались одинаково) или 1 (если требуется управлять порядком соединений). Но вы можете задать другие значения, чтобы добиться оптимального соотношения времени планирования и времени выполнения запросов.

14.4. Наполнение базы данных

Довольно часто в начале или в процессе использования базы данных возникает необходимость загрузить в неё большой объём данных. В этом разделе приведены рекомендации, которые помогут сделать это максимально эффективно.

14.4.1. Отключите автофиксацию транзакций

Выполняя серию команд INSERT, выключите автофиксацию транзакций и зафиксируйте транзакцию только один раз в самом конце. (В обычном SQL это означает, что нужно выполнить BEGIN до, и COMMIT после этой серии. Некоторые клиентские библиотеки могут делать это автоматически, в таких случаях нужно убедиться, что это так.) Если вы будете фиксировать каждое добавление по отдельности, PostgreSQL придётся проделать много действий для каждой добавляемой строки. Выполнять все операции в одной транзакции хорошо ещё и потому, что в случае ошибки добавления одной из строк произойдёт откат к исходному состоянию и вы не окажетесь в сложной ситуации с частично загруженными данными.

14.4.2. Используйте COPY

Используйте COPY, чтобы загрузить все строки одной командой вместо серии INSERT. Команда COPY оптимизирована для загрузки большого количества строк; хотя она не так гибка, как INSERT, но при загрузке больших объёмов данных она влечёт гораздо меньше накладных расходов. Так как COPY — это одна команда, применяя её, нет необходимости отключать автофиксацию транзакций.

В случаях, когда COPY не подходит, может быть полезно создать подготовленный оператор INSERT с помощью PREPARE, а затем выполнять EXECUTE столько раз, сколько потребуется. Это позволит избежать накладных расходов, связанных с разбором и анализом каждой команды INSERT. В разных интерфейсах это может выглядеть по-разному; за подробностями обратитесь к описанию «подготовленных операторов» в документации конкретного интерфейса.

Заметьте, что с помощью COPY большое количество строк практически всегда загружается быстрее, чем с помощью INSERT, даже если используется PREPARE и серия операций добавления заключена в одну транзакцию.

COPY работает быстрее всего, если она выполняется в одной транзакции с командами CREATE TABLE или TRUNCATE. В таких случаях записывать WAL не нужно, так как в случае ошибки файлы, содержащие загружаемые данные, будут всё равно удалены. Однако это замечание справедливо, только когда параметр wal_level равен minimal, так как в противном случае все команды должны записывать свои изменения в WAL.

14.4.3. Удалите индексы

Если вы загружаете данные в только что созданную таблицу, быстрее всего будет загрузить данные с помощью COPY, а затем создать все необходимые для неё индексы. На создание индекса для уже существующих данных уйдёт меньше времени, чем на последовательное его обновление при добавлении каждой строки.

Если вы добавляете данные в существующую таблицу, может иметь смысл удалить индексы, загрузить таблицу, а затем пересоздать индексы. Конечно, при этом надо учитывать, что временное отсутствие индексов может отрицательно повлиять на скорость работы других пользователей. Кроме того, следует дважды подумать, прежде чем удалять уникальные индексы, так как без них соответствующие проверки ключей не будут выполняться.

14.4.4. Удалите ограничения внешних ключей

Как и с индексами, проверки, связанные с ограничениями внешних ключей, выгоднее выполнять «массово», а не для каждой строки в отдельности. Поэтому может быть полезно удалить ограничения внешних ключей, загрузить данные, а затем восстановить прежние ограничения. И в этом случае тоже приходится выбирать между скоростью загрузки данных и риском допустить ошибки в отсутствие ограничений.

Более того, когда вы загружаете данные в таблицу с существующими ограничениями внешнего ключа, для каждой новой строки добавляется запись в очередь событий триггера (так как именно срабатывающий триггер проверяет такие ограничения для строки). При загрузке многих миллионов строк очередь событий триггера может занять всю доступную память, что приведёт к недопустимой нагрузке на файл подкачки или даже к сбою команды. Таким образом, загружая большие объёмы данных, может быть не просто желательно, а *необходимо* удалять, а затем восстанавливать внешние ключи. Если же временное отключение этого ограничения неприемлемо, единственно возможным решением может быть разделение всей операции загрузки на меньшие транзакции.

14.4.5. Увеличьте maintenance_work_mem

Ускорить загрузку больших объёмов данных можно, увеличив параметр конфигурации maintenance_work_mem на время загрузки. Это приведёт к увеличению быстродействия CREATE INDEX и ALTER TABLE ADD FOREIGN KEY. На скорость самой команды COPY это не повлияет, так что этот совет будет полезен, только если вы применяете какой-либо из двух вышеописанных приёмов.

14.4.6. Увеличьте max_wal_size

Также массовую загрузку данных можно ускорить, изменив на время загрузки параметр конфигурации max_wal_size. Загружая большие объёмы данных, PostgreSQL вынужден увеличивать частоту контрольных точек по сравнению с обычной (которая задаётся параметром checkpoint_timeout), а значит и чаще сбрасывать «грязные» страницы на диск. Временно увеличив max_wal_size, можно уменьшить частоту контрольных точек и связанных с ними операций ввода-вывода.

14.4.7. Отключите архивацию WAL и потоковую репликацию

Для загрузки больших объёмов данных в среде, где используется архивация WAL или потоковая репликация, быстрее будет сделать копию базы данных после загрузки данных, чем обрабатывать множество операций изменений в WAL. Чтобы отключить передачу изменений через WAL в процессе загрузки, отключите архивацию и потоковую репликацию, назначьте параметру wal_level значение minimal, archive_mode — off, а max_wal_senders — 0. Но имейте в виду, что изменённые параметры вступят в силу только после перезапуска сервера.

Это не только поможет сэкономить время архивации и передачи WAL, но и непосредственно ускорит некоторые команды, потому что они не записывают в WAL ничего, если в wal_level установлен уровень minimal и текущая подтранзакция (или транзакция верхнего уровня) создала и опустошила таблицу или индекс, куда затем вносятся изменения. (Они могут гарантировать безопасность данных при сбое, не записывая их в WAL, а только выполнив fsync в конце, что будет гораздо дешевле.)

14.4.8. Выполните в конце ANALYZE

Всякий раз, когда распределение данных в таблице значительно меняется, настоятельно рекомендуется выполнять ANALYZE. Эта рекомендация касается и загрузки в таблицу большого объёма данных. Выполнив ANALYZE (или VACUUM ANALYZE), вы тем самым обновите статистику по данной таблице для планировщика. Когда планировщик не имеет статистики или она не соответствует действительности, он не сможет правильно планировать запросы, что приведёт к снижению быстродействия при работе с соответствующими таблицами. Заметьте, что если включён демон автоочистки, он может запускать ANALYZE автоматически; подробнее об этом можно узнать в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.

14.4.9. Несколько замечаний относительно pg_dump

В скриптах загрузки данных, которые генерирует pg_dump, автоматически учитываются некоторые, но не все из этих рекомендаций. Чтобы загрузить данные, которые выгрузил pg_dump, максимально быстро, вам нужно будет выполнить некоторые дополнительные действия вручную. (Заметьте, что эти замечания относятся только к *восстановлению* данных, но не к *выгрузке* их. Следующие рекомендации применимы вне зависимости от того, загружается ли архивный файл pg_dump в psql или в pg_restore.)

По умолчанию pg_dump использует команду COPY и когда она выгружает полностью схему и данные, в сгенерированном скрипте она сначала предусмотрительно загружает данные, а потом создаёт индексы и внешние ключи. Так что в этом случае часть рекомендаций выполняется автоматически. Вам остаётся учесть только следующие:

- Установите подходящие (то есть превышающие обычные) значения для maintenance_work_mem и max_wal_size.
- Если вы используете архивацию WAL или потоковую репликацию, по возможности отключите их на время восстановления. Для этого перед загрузкой данных, присвойте параметру archive_mode значение off, wal_level — minimal, а max_wal_senders — 0. Закончив восстановление, верните их обычные значения и сделайте свежую базовую резервную копию.
- Поэкспериментируйте с режимами параллельного копирования и восстановления команд pg_dump и pg_restore, и подберите оптимальное число параллельных заданий. Параллельное копирование и восстановление данных, управляемое параметром -j, должно дать значительный выигрыш в скорости по сравнению с последовательным режимом.
- Если это возможно в вашей ситуации, восстановите все данные в рамках одной транзакции. Для этого передайте параметр -1 или --single-transaction команде psql или pg_restore. Но учтите, что в этом режиме даже незначительная ошибка приведёт к откату всех изменений и часы восстановления будут потрачены зря. В зависимости от того, насколько взаимосвязаны данные, предпочтительнее может быть вычистить их вручную. Команды COPY будут работать максимально быстро, когда они выполняются в одной транзакции и архивация WAL выключена.
- Если на сервере баз данных установлено несколько процессоров, полезным может оказаться параметр --jobs команды pg_restore. С его помощью можно выполнить загрузку данных и создание индексов параллельно.
- После загрузки данных запустите ANALYZE.

При выгрузке данных без схемы тоже используется команда COPY, но индексы, как обычно и внешние ключи, при этом не удаляются и не пересоздаются. [1] Поэтому, загружая только данные, вы сами должны решить, нужно ли для ускорения загрузки удалять и пересоздавать индексы и внешние ключи. При этом будет так же полезно увеличить параметр max_wal_size, но не maintenance_work_mem; его стоит менять, только если вы впоследствии пересоздаёте индексы и внешние ключи вручную. И не забудьте выполнить ANALYZE после; подробнее об этом можно узнать в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.

[1] Вы можете отключить внешние ключи, используя параметр --disable-triggers — но при этом нужно понимать, что тем самым вы не просто отложите, а полностью выключите соответствующие проверки, что позволит вставить недопустимые данные.

14.5. Оптимизация, угрожающая стабильности

Стабильность — это свойство базы данных, гарантирующее, что результат зафиксированных транзакций будет сохранён даже в случае сбоя сервера или отключения питания. Однако обеспечивается стабильность за счёт значительной дополнительной нагрузки. Поэтому, если вы можете отказаться от такой гарантии, PostgreSQL можно ускорить ещё больше, применив следующие методы оптимизации. Кроме явно описанных исключений, даже с такими изменениями конфигурации при сбое программного ядра СУБД гарантия стабильности сохраняется; риск потери или разрушения данных возможен только в случае внезапной остановки операционной системы.

- Поместите каталог данных кластера БД в файловую систему, размещённую в памяти (т. е. в RAM-диск). Так вы исключите всю активность ввода/вывода, связанную с базой данных, если только размер базы данных не превышает объём свободной памяти (возможно, с учётом файла подкачки).
- Выключите fsync; сбрасывать данные на диск не нужно.
- Выключите synchronous_commit; нет необходимости принудительно записывать WAL на диск при фиксации каждой транзакции. Но учтите, это может привести к потере транзакций (хотя данные останутся согласованными) в случае сбоя *базы данных*.
- Выключите full_page_writes; защита от частичной записи страниц не нужна.
- Увеличьте max_wal_size и checkpoint_timeout; это уменьшит частоту контрольных точек, хотя объём `/pg_wal` при этом вырастет.
- Создавайте нежурналируемые таблицы для оптимизации записи в WAL (но учтите, что такие таблицы не защищены от сбоя).

Глава 15. Параллельный запрос

PostgreSQL может вырабатывать такие планы запросов, которые будут задействовать несколько CPU, чтобы получить ответ на запросы быстрее. Эта возможность называется распараллеливанием запросов. Для многих запросов параллельное выполнение не даёт никакого выигрыша, либо из-за ограничений текущей реализации, либо из-за принципиальной невозможности построить параллельный план, который был бы быстрее последовательного. Однако для запросов, в которых это может быть полезно, распараллеливание часто даёт очень значительное ускорение. Многие такие запросы могут выполняться в параллельном режиме как минимум вдвое быстрее, а некоторые — быстрее в четыре и даже более раз. Обычно наибольший выигрыш можно получить с запросами, обрабатывающими большой объём данных, но возвращающими пользователю всего несколько строк. В этой главе достаточно подробно рассказывается, как работают параллельные запросы и в каких ситуациях их можно использовать, чтобы пользователи, желающие применять их, понимали, чего ожидать.

15.1. Как работают параллельно выполняемые запросы

Когда оптимизатор определяет, что параллельное выполнение будет наилучшей стратегией для конкретного запроса, он создаёт план запроса, включающий *узел Gather* (Сбор) или *Gather Merge* (Сбор со слиянием). Взгляните на простой пример:

```
EXPLAIN SELECT * FROM pgbench_accounts WHERE filler LIKE '%x%';
                                     QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------------
 Gather  (cost=1000.00..217018.43 rows=1 width=97)
   Workers Planned: 2
   ->  Parallel Seq Scan on pgbench_accounts  (cost=0.00..216018.33 rows=1 width=97)
         Filter: (filler ~~ '%x%'::text)
(4 rows)
```

Во всех случаях узел `Gather` или `Gather Merge` будет иметь ровно один дочерний план, представляющий часть общего плана, выполняемую в параллельном режиме. Если узел `Gather` или `Gather Merge` располагается на самом верху дерева плана, в параллельном режиме будет выполняться весь запрос. Если он находится где-то в другом месте плана, параллельно будет выполняться только часть плана ниже него. В приведённом выше примере запрос обращается только к одной таблице, так что помимо узла `Gather` есть только ещё один узел плана; и так как этот узел является потомком узла `Gather`, он будет выполняться в параллельном режиме.

Используя EXPLAIN, вы можете узнать количество исполнителей, выбранное планировщиком для данного запроса. Когда при выполнении запроса достигается узел `Gather`, процесс, обслуживающий сеанс пользователя, запрашивает фоновые рабочие процессы в этом количестве. Количество исполнителей, которое может попытаться задействовать планировщик, ограничивается значением max_parallel_workers_per_gather. Общее число фоновых рабочих процессов, которые могут существовать одновременно, ограничивается параметрами max_worker_processes и max_parallel_workers. Таким образом, вполне возможно, что параллельный запрос будет выполняться меньшим числом рабочих процессов, чем планировалось, либо вообще без дополнительных рабочих процессов. Оптимальность плана может зависеть от числа доступных рабочих процессов, так что их нехватка может повлечь значительное снижение производительности. Если это наблюдается часто, имеет смысл увеличить `max_worker_processes` и `max_parallel_workers`, чтобы одновременно могло работать больше процессов, либо наоборот уменьшить `max_parallel_workers_per_gather`, чтобы планировщик запрашивал их в меньшем количестве.

Каждый фоновый рабочий процесс, успешно запущенный для данного параллельного запроса, будет выполнять параллельную часть плана. Ведущий процесс также будет выполнять эту часть плана, но он несёт дополнительную ответственность: он должен также прочитать все кортежи, выданные рабочими процессами. Когда параллельная часть плана выдаёт лишь небольшое количество кортежей, ведущий часто ведёт себя просто как один из рабочих процессов, ускоряя выполнение запроса. И напротив, когда параллельная часть плана выдаёт множество кортежей, ведущий может быть почти всё время занят чтением кортежей, выдаваемых другими рабочими процессами, и выполнять другие шаги обработки, связанные с узлами плана выше узла `Gather` или `Gather Merge`. В таких случаях ведущий процесс может вносить лишь минимальный вклад в выполнение параллельной части плана.

Когда над параллельной частью плана оказывается узел `Gather Merge`, а не `Gather`, это означает, что все процессы, выполняющие части параллельного плана, выдают кортежи в отсортированном порядке, и что ведущий процесс выполняет слияние с сохранением порядка. Узел же `Gather`, напротив, получает кортежи от подчинённых процессов в произвольном удобном ему порядке, нарушая порядок сортировки, который мог существовать.

15.2. Когда может применяться распараллеливание запросов?

Планировщик запросов может отказаться от построения параллельных планов запросов в любом случае под влиянием нескольких параметров. Чтобы он строил параллельные планы запросов при каких-бы то ни было условиях, описанные далее параметры необходимо настроить указанным образом.

- max_parallel_workers_per_gather должен иметь значение, большее нуля. Это особый вариант более общего ограничения на суммарное число используемых рабочих процессов, задаваемого параметром `max_parallel_workers_per_gather`.

В дополнение к этому, система должна работать не в однопользовательском режиме. Так как в этом режиме вся СУБД работает как один процесс, фоновые рабочие процессы в нём недоступны.

Даже если принципиально возможно построить параллельные планы выполнения, планировщик не будет строить такой план для определённого запроса, если имеет место одно из следующих обстоятельств:

- Запрос выполняет запись данных или блокирует строки в базе данных. Если запрос содержит операцию, изменяющую данные либо на верхнем уровне, либо внутри CTE, для такого запроса не будут строиться параллельные планы. Исключение составляют команды `CREATE TABLE ... AS`, `SELECT INTO` и `CREATE MATERIALIZED VIEW`, которые создают новую таблицу и наполняют её, и при этом могут использовать параллельный план.
- Запрос может быть приостановлен в процессе выполнения. В ситуациях, когда система решает, что может иметь место частичное или дополнительное выполнение, план параллельного выполнения не строится. Например, курсор, созданный предложением DECLARE CURSOR, никогда не будет использовать параллельный план. Подобным образом, цикл PL/pgSQL вида `FOR x IN query LOOP .. END LOOP` никогда не будет использовать параллельный план, так как система параллельных запросов не сможет определить, может ли безопасно выполняться код внутри цикла во время параллельного выполнения запроса.
- В запросе используются функции, помеченные как `PARALLEL UNSAFE`. Большинство системных функций безопасны для параллельного выполнения (`PARALLEL SAFE`), но пользовательские функции по умолчанию помечаются как небезопасные (`PARALLEL UNSAFE`). Эта характеристика функции рассматривается в Разделе 15.4.
- Запрос работает внутри другого запроса, уже параллельного. Например, если функция, вызываемая в параллельном запросе, сама выполняет SQL-запрос, последний запрос никогда не будет выполняться параллельно. Это ограничение текущей реализации, но убирать его вряд ли следует, так как это может привести к использованию одним запросом чрезмерного количества процессов.

Даже когда для определённого запроса построен параллельный план, при некоторых условиях этот план нельзя будет выполнить в параллельном режиме. В этих случаях ведущий процесс выполнит часть плана ниже узла `Gather` самостоятельно, как если бы узла `Gather` вовсе не было. Это произойдёт только при выполнении одного из следующих условий:

- Невозможно получить ни одного фонового рабочего процесса из-за ограничения общего числа этих процессов значением max_worker_processes.
- Невозможно получить ни одного фонового рабочего процесса из-за ограничения общего числа таких процессов для параллельного выполнения значением max_parallel_workers.
- Клиент передаёт сообщение Execute с ненулевым количеством выбираемых кортежей. За подробностями обратитесь к описанию расширенного протокола запросов. Так как libpq в настоящее время не позволяет передавать такие сообщения, это возможно только с клиентом, задействующим не libpq. Если это происходит часто, имеет смысл установить в max_parallel_workers_per_gather 0 в сеансах, для которых это актуально, чтобы система не пыталась строить планы, которые могут быть неэффективны при последовательном выполнении.

15.3. Параллельные планы

Так как каждый рабочий процесс выполняет параллельную часть плана до конца, нельзя просто взять обычный план запроса и запустить его в нескольких исполнителях. В этом случае все исполнители выдавали бы полные копии выходного набора результатов, так что запрос выполнится не быстрее, чем обычно, а его результаты могут быть некорректными. Вместо этого параллельной частью плана должно быть то, что для оптимизатора представляется как *частичный план*; то есть такой план, при выполнении которого в отдельном процессе будет получено только подмножество выходных строк, а каждая требующаяся строка результата будет гарантированно выдана ровно одним из сотрудничающих процессов. Вообще говоря, это означает, что сканирование нижележащей таблицы запроса должно проводиться с учётом распараллеливания.

15.3.1. Параллельные сканирования

В настоящее время поддерживаются следующие виды сканирований таблицы, рассчитанные на параллельное выполнение.

- При *параллельном последовательном сканировании* блоки таблицы будут разделены между взаимодействующими процессами. Блоки выдаются по очереди, так что доступ к таблице остаётся последовательным.
- При *параллельном сканировании кучи по битовой карте* один процесс выбирается на роль ведущего. Этот процесс производит сканирование одного или нескольких индексов и строит битовую карту, показывающую, какие блоки таблицы нужно посетить. Затем эти блоки разделяются между взаимодействующими процессами как при параллельном последовательном сканировании. Другими словами, сканирование кучи выполняется в параллельном режиме, а сканирование нижележащего индекса — нет.
- При *параллельном сканировании по индексу* или *параллельном сканировании только индекса* взаимодействующие процессы читают данные из индекса по очереди. В настоящее время параллельное сканирование индекса поддерживается только для индексов-B-деревьев. Каждый процесс будет выбирать один блок индекса с тем, чтобы просканировать и вернуть все кортежи, на которые он ссылается; другие процессы могут в то же время возвращать кортежи для другого блока индекса. Результаты параллельного сканирования B-дерева каждый рабочий процесс возвращает в отсортированном порядке.

В будущем может появиться поддержка параллельного выполнения и для других вариантов сканирования, например, сканирования индексов, отличных от B-дерева.

15.3.2. Параллельные соединения

Как и в непараллельном плане, целевая таблица может соединяться с одной или несколькими другими таблицами с использованием вложенных циклов, соединения по хешу или соединения слиянием. Внутренней стороной соединения может быть любой вид непараллельного плана, который в остальном поддерживается планировщиком, при условии, что он безопасен для выполнения в параллельном исполнителе. Внутренней стороной может быть и параллельный план, в зависимости от типа соединения.

- В *соединении с вложенным циклом* внутренняя сторона всегда непараллельная. Хотя она выполняется полностью, это эффективно, если с внутренней стороны производится сканирование индекса, так как внешние кортежи, а значит и циклы, находящие значения в индексе, разделяются по параллельным процессам.

- При *соединении слиянием* с внутренней стороны всегда будет непараллельный план и, таким образом, он будет выполняться полностью. Это может быть неэффективно, особенно если потребуется произвести сортировку, так как работа и конечные данные будут повторяться в каждом параллельном процессе.
- При *соединении по хешу* (непараллельном, без префикса «parallel») внутреннее соединение выполняется полностью в каждом параллельном процессе, и в результате они строят одинаковые копии хеш-таблицы. Это может быть неэффективно при большой хеш-таблице или дорогостоящем плане. В *параллельном соединении по хешу* с внутренней стороны выполняется *параллельное хеширование*, при котором работа по построению общей хеш-таблицы разделяется между параллельными процессами.

15.3.3. Параллельное агрегирование

PostgreSQL поддерживает параллельное агрегирование, выполняя агрегирование в два этапа. Сначала каждый процесс, задействованный в параллельной части запроса, выполняет шаг агрегирования, выдавая частичный результат для каждой известной ему группы. В плане это отражает узел `Partial Aggregate`. Затем эти промежуточные результаты передаются ведущему через узел `Gather` или `Gather Merge`. И наконец, ведущий заново агрегирует результаты всех рабочих процессов, чтобы получить окончательный результат. Это отражает в плане узел `Finalize Aggregate`.

Так как узел `Finalize Aggregate` выполняется в ведущем процессе, запросы, выдающие достаточно большое количество групп по отношению к числу входных строк, будут расцениваться планировщиком как менее предпочтительные. Например, в худшем случае количество групп, выявленных узлом `Finalize Aggregate`, может равняться числу входных строк, обработанных всеми рабочими процессами на этапе `Partial Aggregate`. Очевидно, что в такой ситуации использование параллельного агрегирования не даст никакого выигрыша производительности. Планировщик запросов учитывает это в процессе планирования, так что выбор параллельного агрегирования в подобных случаях очень маловероятен.

Параллельное агрегирование поддерживается не во всех случаях. Чтобы оно поддерживалось, агрегатная функция должна быть безопасной для распараллеливания и должна иметь комбинирующую функцию. Если переходное состояние агрегатной функции имеет тип `internal`, она должна также иметь функции сериализации и десериализации. За подробностями обратитесь к CREATE AGGREGATE. Параллельное агрегирование не поддерживается, если вызов агрегатной функции содержит предложение `DISTINCT` или `ORDER BY`. Также оно не поддерживается для сортирующих агрегатов или когда запрос включает предложение `GROUPING SETS`. Оно может использоваться только когда все соединения, задействованные в запросе, также входят в параллельную часть плана.

15.3.4. Параллельное присоединение

Когда требуется объединить строки из различных источников в единый набор результатов, в PostgreSQL используются узлы плана `Append` или `MergeAppend`. Это обычно происходит при реализации `UNION ALL` или при сканировании секционированной таблицы. Данные узлы могут применяться как в параллельных, так и в обычных планах. Однако в параллельных планах планировщик может заменить их на узел `Parallel Append`.

Если в параллельном плане используется узел `Append`, все задействованные процессы выполняют очередной дочерний план совместно, пока он не будет завершён, и лишь затем, примерно в одно время, переходят к выполнению следующего дочернего плана. Когда же применяется `Parallel Append`, исполнитель старается равномерно распределить между задействованными процессами все дочерние планы, чтобы они выполнялись параллельно. Это позволяет избежать конкуренции и не тратить ресурсы на запуск дочернего плана для тех процессов, которые не будут его выполнять.

Кроме того, в отличие от обычного узла `Append`, использование которого внутри параллельного плана допускается только для частичных дочерних планов, узел `Parallel Append` может обрабатывать как частичные, так и не частичные дочерние планы. Для сканирования не частичного плана будет использоваться только один процесс, поскольку его многократное сканирование приведёт лишь к дублированию результатов. Таким образом, для планов, объединяющих несколько наборов результатов, можно достичь параллельного выполнения на высоком уровне, даже когда эффективные частичные планы отсутствуют. Например, рассмотрим запрос к секционированной таблице, который может быть эффективно реализован только с помощью индекса, не поддерживающего параллельное сканирование. Планировщик может выбрать узел `Parallel Append` для параллельного объединения нескольких обычных планов `Index Scan`; в этом случае каждое сканирование индекса будет выполняться до полного завершения одним процессом, но при этом разные сканирования будут осуществляться параллельно.

Отключить данную функциональность можно с помощью enable_parallel_append.

15.3.5. Советы по параллельным планам

Если для запроса ожидается параллельный план, но такой план не строится, можно попытаться уменьшить parallel_setup_cost или parallel_tuple_cost. Разумеется, этот план может оказаться медленнее последовательного плана, предпочитаемого планировщиком, но не всегда. Если вы не получаете параллельный план даже с очень маленькими значениями этих параметров (например, сбросив оба их в ноль), может быть какая-то веская причина тому, что планировщик запросов не может построить параллельный план для вашего запроса. За информацией о возможных причинах обратитесь к Разделу 15.2 и Разделу 15.4.

Когда выполняется параллельный план, вы можете применить `EXPLAIN (ANALYZE, VERBOSE)`, чтобы просмотреть статистику по каждому узлу плана в разрезе рабочих процессов. Это может помочь определить, равномерно ли распределяется работа между всеми узлами плана, и на более общем уровне понимать характеристики производительности плана.

15.4. Безопасность распараллеливания

Планировщик классифицирует операции, вовлечённые в выполнение запроса, как либо *безопасные для распараллеливания*, либо *ограниченно распараллеливаемые*, либо *небезопасные для распараллеливания*. Безопасной для распараллеливания операцией считается такая, которая не мешает параллельному выполнению запроса. Ограниченно распараллеливаемой операцией считается такая, которая не может выполняться в параллельном рабочем процессе, но может выполняться в ведущем процессе, когда запрос выполняется параллельно. Таким образом, ограниченно параллельные операции никогда не могут оказаться ниже узла `Gather` или `Gather Merge`, но могут встречаться в других местах плана, содержащего такой узел. Небезопасные для распараллеливания операции не могут выполняться в параллельных запросах, даже в ведущем процессе. Когда запрос содержит что-либо небезопасное для распараллеливания, параллельное выполнение для такого запроса полностью исключается.

Ограниченно распараллеливаемыми всегда считаются следующие операции:

- Сканирование общих табличных выражений (CTE).
- Сканирование временных таблиц.
- Сканирование сторонних таблиц, если только обёртка сторонних данных не предоставляет функцию `IsForeignScanParallelSafe`, которая допускает распараллеливание.
- Узлы плана, к которым присоединён узел `InitPlan`.
- Узлы плана, которые ссылаются на связанный `SubPlan`.

15.4.1. Пометки параллельности для функций и агрегатов

Планировщик не может автоматически определить, является ли пользовательская обычная или агрегатная функция безопасной для распараллеливания, так как это потребовало бы предсказания действия каждой операции, которую могла бы выполнять функция. В общем случае это равнозначно решению проблемы остановки, а значит, невозможно. Даже для простых функций, где это в принципе возможно, мы не пытаемся это делать, так как это будет слишком дорогой и потенциально неточной процедурой. Вместо этого, все определяемые пользователем функции полагаются небезопасными для распараллеливания, если явно не отмечено обратное. Когда используется CREATE FUNCTION или ALTER FUNCTION, функции можно назначить отметку PARALLEL SAFE, PARALLEL RESTRICTED или PARALLEL UNSAFE, отражающую её характер. В команде CREATE AGGREGATE для параметра PARALLEL можно задать SAFE, RESTRICTED или UNSAFE в виде соответствующего значения.

Обычные и агрегатные функции должны помечаться небезопасными для распараллеливания (PARALLEL UNSAFE), если они пишут в базу данных, обращаются к последовательностям, изменяют состояние транзакции, даже временно (как, например, функция PL/pgSQL, устанавливающая блок EXCEPTION для перехвата ошибок), либо производят постоянные изменения параметров. Подобным образом, функции должны помечаться как ограниченно распараллеливаемые (PARALLEL RESTRICTED), если они обращаются к временным таблицам, состоянию клиентского подключения, курсорам, подготовленным операторам или разнообразному локальному состоянию обслуживающего процесса, которое система не может синхронизировать между рабочими процессами. Например, по этой причине ограниченно параллельными являются функции setseed и random.

В целом, если функция помечена как безопасная, когда на самом деле она небезопасна или ограниченно безопасна, или если она помечена как ограниченно безопасная, когда на самом деле она небезопасная, такая функция может выдавать ошибки или возвращать неправильные ответы при использовании в параллельном запросе. Функции на языке C могут теоретически проявлять полностью неопределённое появление при некорректной пометке, так как система никаким образом не может защитить себя от произвольного кода C, но чаще всего результат будет не хуже, чем с любой другой функцией. В случае сомнений, вероятно, лучше всего будет помечать функции как небезопасные (UNSAFE).

Если функция, выполняемая в параллельном рабочем процессе, затребует блокировки, которыми не владеет ведущий, например, обращаясь к таблице, не упомянутой в запросе, эти блокировки будут освобождены по завершении процесса, а не в конце транзакции. Если вы разрабатываете функцию с таким поведением, и эта особенность выполнения оказывается критичной, пометьте такую функцию как PARALLEL RESTRICTED, чтобы она выполнялась только в ведущем процессе.

Заметьте, что планировщик запросов не рассматривает возможность отложенного выполнения ограниченно распараллеливаемых обычных или агрегатных функций, задействованных в запросе, для получения лучшего плана. Поэтому, например, если предложение WHERE, применяемое к конкретной таблице, является ограниченно параллельным, планировщик запросов исключит возможность сканирования этой таблицы в параллельной части плана. В некоторых случаях возможно (и, вероятно, более эффективно) включить сканирование этой таблицы в параллельную часть запроса и отложить вычисление предложения WHERE, чтобы оно происходило над узлом Gather, но планировщик этого не делает.

Часть III. Администрирование сервера

В этой части документации освещаются темы, представляющие интерес для администратора баз данных PostgreSQL. В частности, здесь рассматривается установка программного обеспечения, установка и настройка сервера, управление пользователями и базами данных, а также задачи обслуживания. С этими темами следует ознакомиться всем, кто эксплуатирует сервер PostgreSQL (даже для личных целей, а тем более в производственной среде).

Материал этой части даётся примерно в том порядке, в каком его следует читать начинающему пользователю. При этом её главы самодостаточны и при желании могут быть прочитаны по отдельности. Информация в этой части книги представлена в повествовательном стиле и разделена по темам. Если же вас интересует формальное и полное описание определённой команды, см. Часть VI.

Первые несколько глав написаны так, чтобы их можно было понять без предварительных знаний, так что начинающие пользователи, которым нужно установить свой собственный сервер, могут начать свой путь с них. Остальные главы части посвящены настройке сервера и управлению им; в этом материале подразумевается, что читатель знаком с основными принципами использования СУБД PostgreSQL. За дополнительной информацией мы рекомендуем читателям обратиться к Части I и Части II.

Глава 16. Установка из исходного кода

В этой главе описывается установка PostgreSQL из дистрибутивного пакета исходного кода. Если вы устанавливаете собранный двоичный пакет, например RPM или Debian, вам нужно прочитать инструкции по установке пакета, а не эту главу.

Применительно к сборке PostgreSQL для Microsoft Windows эта глава будет полезна, если вы намерены производить компиляцию, используя MinGW или Cygwin; но если вы намерены использовать Microsoft Visual C++, перейдите к Главе 17.

16.1. Краткий вариант

```
./configure
make
su
make install
adduser postgres
mkdir /usr/local/pgsql/data
chown postgres /usr/local/pgsql/data
su - postgres
/usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data
/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl -D /usr/local/pgsql/data -l logfile start
/usr/local/pgsql/bin/createdb test
/usr/local/pgsql/bin/psql test
```

Развёрнутый вариант представлен в продолжении этой главы.

16.2. Требования

В принципе, запустить PostgreSQL должно быть возможно на любой современной Unix-совместимой платформе. Платформы, прошедшие специальную проверку на совместимость к моменту выпуска версии, описаны далее в Разделе 16.6.

Для сборки PostgreSQL требуются следующие программные пакеты:

- Требуется GNU make версии 3.80 или новее; другие программы make или ранние версии GNU make работать *не* будут. (Иногда GNU make устанавливается под именем `gmake`.) Чтобы проверить наличие и версию GNU make, введите:

  `make --version`

- Вам потребуется компилятор C, соответствующий ISO/ANSI C (как минимум, совместимый с C99). Рекомендуется использовать последние версии GCC, но известно, что PostgreSQL собирается самыми разными компиляторами и других производителей.

- Для распаковки пакета исходного кода необходим tar, а также gzip или bzip2.

- По умолчанию при сборке используется библиотека GNU Readline. Она позволяет запоминать все вводимые команды в psql (SQL-интерпретатор командной строки для PostgreSQL) и затем, пользуясь клавишами-стрелками, возвращаться к ним и редактировать их. Это очень удобно и мы настоятельно рекомендуем пользоваться этим. Если вы не желаете использовать эту возможность, вы должны добавить указание `--without-readline` для `configure`. В качестве альтернативы часто можно использовать библиотеку `libedit` с лицензией BSD, изначально разработанную для NetBSD. Библиотека `libedit` совместима с GNU Readline и подключается, если `libreadline` не найдена, или когда `configure` передаётся указание `--with-libedit-preferred`. Если вы используете систему на базе Linux с пакетами, учтите, что вам потребуются два пакета: `readline` и `readline-devel`, если в вашем дистрибутиве они разделены.

- По умолчанию для сжатия данных используется библиотека zlib. Если вы не хотите её использовать, вы должны передать `configure` указание `--without-zlib`. Это указание отключает поддержку сжатых архивов в pg_dump и pg_restore.

Следующие пакеты не являются обязательными. Они не требуются в стандартной конфигурации, но они необходимы для определённых вариантов сборки, описанных ниже:

- Чтобы собрать поддержку языка программирования PL/Perl, вам потребуется полная инсталляция Perl, включая библиотеку `libperl` и заголовочные файлы. Версия Perl должна быть не старее 5.8.3. Так как PL/Perl будет разделяемой библиотекой, библиотека `libperl` тоже должна быть разделяемой для большинства платформ. В последних версиях Perl это вариант по умолчанию, но в ранних версиях это было не так, и в любом случае это выбирает тот, кто устанавливает Perl в вашей системе. Скрипт `configure` выдаст ошибку, если не сможет найти разделяемую `libperl`, когда выбрана сборка PL/Perl. В этом случае, чтобы собрать PL/Perl, вам придётся пересобрать и переустановить Perl. В процессе конфигурирования Perl выберите сборку разделяемой библиотеки.

  Если вы планируете отвести PL/Perl не второстепенную роль, следует убедиться в том, что инсталляция Perl была собрана с флагом `usemultiplicity` (так ли это, может показать команда `perl -V`).

- Чтобы собрать сервер с поддержкой языка программирования PL/Python, вам потребуется инсталляция Python с заголовочными файлами и модулем sysconfig. Версия Python должна быть не ниже 2.7. Python 3 поддерживается, начиная с версии 3.2; но используя Python 3, учтите написанное в Раздел 45.1.

  Так как PL/Python будет разделяемой библиотекой, библиотека `libpython` тоже должна быть разделяемой для большинства платформ. По умолчанию при сборке инсталляции Python из пакета исходного кода это не так, но во многих дистрибутивах имеется нужная разделяемая библиотека. Скрипт `configure` выдаст ошибку, если не сможет найти разделяемую `libpython`, когда выбрана сборка PL/Python. Это может означать, что вам нужно либо установить дополнительные пакеты, либо пересобрать (частично) вашу инсталляцию Python, чтобы получить эту библиотеку. При сборке Python из исходного кода выполните configure с флагом `--enable-shared`.

- Чтобы собрать поддержку процедурного языка PL/Tcl, вам, конечно, потребуется инсталляция Tcl. Версия Tcl должна быть не старее 8.4.

- Чтобы включить поддержку национальных языков (NLS, Native Language Support), то есть возможность выводить сообщения программы не только на английском языке, вам потребуется реализация API Gettext. В некоторых системах эта реализация встроена (например, в Linux, NetBSD, Solaris), а для других вы можете получить дополнительный пакет по адресу *http://www.gnu.org/software/gettext/*. Если вы используете реализацию Gettext в библиотеке GNU, вам понадобится ещё пакет GNU Gettext для некоторых утилит. Для любых других реализаций он не требуется.

- Если вам нужна поддержка зашифрованных клиентских соединений, вам потребуется OpenSSL. OpenSSL также необходим для генерации случайных чисел на платформах, где отсутствует `/dev/urandom` (это не относится к Windows). Версия OpenSSL должна быть не ниже 1.0.1.

- Вам могут понадобиться пакеты Kerberos, OpenLDAP и/или PAM, если нужна поддержка аутентификации, которую они обеспечивают.

- Для сборки документации PostgreSQL предъявляется отдельный набор требований; см. Раздел J.2.

Если вы хотите скомпилировать код из дерева Git, а не из специального пакета исходного кода, либо вы хотите работать с этим кодом, вам также понадобятся следующие пакеты:

- Flex и Bison потребуются для сборки из содержимого Git или если вы меняете собственно файлы определений анализа и разбора. Если они вам понадобятся, то версия Flex должна быть не меньше 2.5.31, а Bison — не меньше 1.875. Другие программы lex и yacc работать не будут.

- Perl 5.8.3 или новее потребуется для сборки из содержимого Git, либо если вы меняете исходные файлы этапов сборки, построенных на скриптах Perl. Если вы выполняете сборку в

Windows, вам потребуется Perl в любом случае. Perl также требуется для выполнения некоторых пакетов тестов.

Если вам понадобится какой-либо пакет GNU, вы можете найти его на вашем локальном зеркале GNU (список зеркал: *https://www.gnu.org/prep/ftp*) или на сайте *ftp://ftp.gnu.org/gnu/*.

Также проверьте, достаточно ли места на диске. Вам потребуется около 350 Мб для исходного кода в процессе компиляции и около 60 Мб для каталога инсталляции. Пустой кластер баз данных занимает около 40 Мб; базы данных занимают примерно в пять раз больше места, чем те же данные в обычном текстовом файле. Если вы планируете запускать регрессионные тесты, вам может временно понадобиться ещё около 300 Мб. Проверить наличие свободного места можно с помощью команды `df`.

16.3. Получение исходного кода

Исходные коды PostgreSQL 13.22 можно получить в соответствующем разделе нашего сайта: *https://www.postgresql.org/download/*. Вам следует выбрать файл `postgresql-13.22.tar.gz` или `postgresql-13.22.tar.bz2`. Получив выбранный файл, распакуйте его:

```
gunzip postgresql-13.22.tar.gz
tar xf postgresql-13.22.tar
```

(Если вы выбрали файл `.bz2`, используйте `bunzip2` вместо `gunzip`.) Также заметьте, что современные версии `tar` могут распаковывать сжатые архивы, поэтому отдельная команда `gunzip` или `bunzip2` может не потребоваться.) При этом в текущем каталоге будет создан подкаталог `postgresql-13.22` с исходными кодами PostgreSQL. Перейдите в этот подкаталог для продолжения процедуры установки.

Вы также можете получить исходный код непосредственно из репозитория системы управления версиями (см. Приложение I).

16.4. Процедура установки

1. **Конфигурирование**

   На первом шаге установки требуется сконфигурировать дерево установки для вашей системы и выбрать желаемые параметры сборки. Для этого нужно запустить скрипт `configure`. Чтобы выполнить стандартную сборку, просто введите:

   ```
   ./configure
   ```

   Этот скрипт проведёт несколько проверок с целью определить значения для различных переменных, зависящих от системы, и выявить любые странности вашей ОС, а затем создаст несколько файлов в дереве сборки, в которых отразит полученные результаты.

   Вы также можете выполнить `configure` вне дерева исходного кода, если хотите сохранить каталог сборки отдельно. Эта процедура также называется сборкой с *VPATH*. Выполняется она так:

   ```
   mkdir build_dir
   cd build_dir
   /путь/к/каталогу/исходного/кода/configure [параметры]
   make
   ```

   В стандартной конфигурации собираются сервер и утилиты, а также клиентские приложения и интерфейсы, которым требуется только компилятор C. Все файлы по умолчанию устанавливаются в `/usr/local/pgsql`.

   Вы можете настроить процесс сборки и установки, передав `configure` один или несколько следующих параметров командной строки. Обычно настраивается место установки или набор дополнительных возможностей, включаемых при сборке. Скрипт `configure` принимает большое количество параметров, которые описаны в Подразделе 16.4.1.

Кроме того, `configure` воспринимает ряд переменных окружения, описанных в Подразделе 16.4.2. Они дают возможность дополнительно настроить конфигурацию.

2. **Сборка**

   Чтобы запустить сборку, введите одну из двух команд:

   ```
   make
   make all
   ```

   (Помните, что нужно использовать GNU make.) Сборка займёт несколько минут, в зависимости от мощности вашего компьютера.

   Если вы хотите собрать всё, что может быть собрано, включая документацию (страницы HTML и man) и дополнительные модули (`contrib`), введите:

   ```
   make world
   ```

   Если вы хотите собрать всё, что может быть собрано, включая дополнительные модули (`contrib`), но без документации, введите:

   ```
   make world-bin
   ```

   Если вы хотите вызывать сборку из другого сборочного файла, а не вручную, вы должны сбросить переменную `MAKELEVEL` или присвоить ей 0, например так:

   ```
   build-postgresql:
           $(MAKE) -C postgresql MAKELEVEL=0 all
   ```

   Если этого не сделать, могут выдаваться странные ошибки, обычно с сообщениями о недостающих заголовочных файлах.

3. **Регрессионные тесты**

   Если вы хотите протестировать только что собранный сервер, прежде чем устанавливать его, на этом этапе вы можете запустить регрессионные тесты. Регрессионные тесты — это пакет тестов, проверяющих, что PostgreSQL работает на вашем компьютере так, как задумано разработчиками. Введите:

   ```
   make check
   ```

   (Это должен выполнять обычный пользователь, не root.) Как интерпретировать результаты проверки, подробно описывается в Главе 32. Вы можете повторить эту проверку позже в любой момент, выполнив ту же команду.

4. **Установка файлов**

   > **Примечание**
   >
   > Если вы обновляете существующую систему, обязательно прочитайте инструкции по обновлению кластера, приведённые в Раздел 18.6.

   Чтобы установить PostgreSQL, введите:

   ```
   make install
   ```

   При этом файлы будут установлены в каталоги, заданные в Шаг 1. Убедитесь в том, что у вас есть соответствующие разрешения для записи туда. Обычно это действие нужно выполнять от имени root. Также возможно заранее создать целевые каталоги и дать требуемый доступ к ним.

   Чтобы установить документацию (HTML и страницы man), введите:

   ```
   make install-docs
   ```

   Если вы собирали цель world, введите вместо этого:

```
make install-world
```

При этом также будет установлена документация.

Если вы собирали цель world без документации, введите вместо этого:

```
make install-world-bin
```

Вы можете запустить `make install-strip` вместо `make install`, чтобы убрать лишнее из устанавливаемых исполняемых файлов и библиотек. Это позволит сэкономить немного места. Если вы выполняете сборку для отладки, при этом фактически вырежется поддержка отладки, поэтому этот вариант подходит только если отладка больше не планируется. Процедура `install-strip` пытается оптимизировать объём разумными способами, но не рассчитывайте, что она способна удалить каждый ненужный байт из исполняемого файла. Если вы хотите освободить как можно больше места, вам придётся проделать это вручную.

При стандартной установке в систему устанавливаются все заголовочные файлы для разработки клиентских приложений, а также программ на стороне сервера, в частности, собственных функций или типов данных, реализованных на C. (До PostgreSQL 8.0 для этого требовалось выполнить `make install-all-headers`, но сейчас это включено в стандартную установку.)

Установка только клиентской части: Если вы хотите установить только клиентские приложения и интерфейсные библиотеки, можно выполнить эти команды:

```
make -C src/bin install
make -C src/include install
make -C src/interfaces install
make -C doc install
```

В `src/bin` есть несколько программ, применимых только на сервере, но они очень малы.

Удаление: Чтобы отменить установку, воспользуйтесь командой `make uninstall`. Однако созданные каталоги при этом удалены не будут.

Очистка: После установки вы можете освободить место на диске, удалив файлы сборки из дерева исходного кода, выполнив `make clean`. При этом файлы, созданные программой `configure`, будут сохранены, так что позже вы сможете пересобрать всё заново, выполнив `make`. Чтобы сбросить дерево исходного кода к состоянию, в котором оно распространяется, выполните `make distclean`. Если вы намерены выполнять сборку одного дерева исходного кода для нескольких платформ, вам придётся делать это и переконфигурировать сборочную среду для каждой. (Также можно использовать отдельное дерево сборки для каждой платформы, чтобы дерево исходного кода оставалось неизменным.)

Если в процессе сборки вы обнаружите, что заданные вами параметры `configure` оказались ошибочными, либо вы изменили что-то, от чего зависит работа `configure` (например, обновили пакеты), стоит выполнить `make distclean`, прежде чем переконфигурировать и пересобирать всё заново. Если этого не сделать, ваши изменения в конфигурации могут распространиться не везде, где они важны.

16.4.1. Параметры `configure`

Параметры командной строки `configure` описываются ниже. Этот список не является исчерпывающим (который можно получить, вызвав `./configure --help`). Неописанные здесь параметры предназначены для особых случаев, например для кросс-компиляции, и освещаются в стандартной документации Autoconf.

16.4.1.1. Место установки

Эти параметры определяют, куда `make install` будет устанавливать файлы. В большинстве случаев для определения целевого расположения достаточно параметра `--prefix`. Если же у вас есть особые требования, вы можете установить разные целевые подкаталоги, воспользовавшись другими описанными здесь параметрами. Однако имейте в виду, что при изменении относительного расположения разных подкаталогов ваша инсталляция может оказаться неперемещаемой, то есть её нельзя будет перенести в другое место после развёртывания. (Это ограничение не касается расположения подкаталогов `man` и `doc`.) Для получения перемещаемой инсталляции может потребоваться параметр `--disable-rpath`, описанный далее.

`--prefix=`*`ПРЕФИКС`*

Разместить все файлы внутри каталога *`ПРЕФИКС`*, а не в `/usr/local/pgsql`. Собственно файлы будут установлены в различные подкаталоги этого каталога; в самом каталоге *`ПРЕФИКС`* никакие файлы не размещаются.

`--exec-prefix=`*`ИСП-ПРЕФИКС`*

Вы можете установить архитектурно-зависимые файлы в размещение с другим префиксом, *`ИСП-ПРЕФИКС`*, отличным от *`ПРЕФИКС`*. Это бывает полезно для совместного использования таких файлов несколькими системами. По умолчанию *`ИСП-ПРЕФИКС`* считается равным *`ПРЕФИКС`* и все файлы, архитектурно-зависимые и независимые, устанавливаются в одно дерево каталогов, что вам скорее всего и нужно.

`--bindir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для исполняемых двоичных программ. По умолчанию это *`ИСП-ПРЕФИКС`*`/bin`, что обычно означает `/usr/local/pgsql/bin`.

`--sysconfdir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для различных файлов конфигурации, *`ПРЕФИКС`*`/etc` по умолчанию.

`--libdir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для установки библиотек и динамически загружаемых модулей. Значение по умолчанию — *`ИСП-ПРЕФИКС`*`/lib`.

`--includedir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для установки заголовочных файлов C и C++. Значение по умолчанию — *`ПРЕФИКС`*`/include`.

`--datarootdir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт корневой каталог для разного рода статических файлов. Этот параметр определяет только базу для некоторых из следующих параметров. Значение по умолчанию — *`ПРЕФИКС`*`/share`.

`--datadir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для статических файлов данных, используемых установленными программами. Значение по умолчанию — *`DATAROOTDIR`*. Заметьте, что это совсем не тот каталог, в котором будут размещены файлы базы данных.

`--localedir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт каталог для установки данных локализации, в частности, каталогов перевода сообщений. Значение по умолчанию — *`DATAROOTDIR`*`/locale`.

`--mandir=`*`КАТАЛОГ`*

Страницы man, поставляемые в составе PostgreSQL, будут установлены в этот каталог, в соответствующие подкаталоги `man`*`x`*. Значение по умолчанию — *`DATAROOTDIR`*`/man`.

`--docdir=`*`КАТАЛОГ`*

Задаёт корневой каталог для установки файлов документации, кроме страниц «man». Этот параметр только определяет базу для следующих параметров. Значение по умолчанию — *`DATAROOTDIR`*`/doc/postgresql`.

`--htmldir=КАТАЛОГ`

В этот каталог будет помещена документация PostgreSQL в формате HTML. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR*.

> **Примечание**
>
> Чтобы PostgreSQL можно было установить в стандартные системные размещения (например, в `/usr/local/include`), не затрагивая пространство имён остальной системы, приняты определённые меры. Во-первых, к путям `datadir`, `sysconfdir` и `docdir` автоматически добавляется строка «`/postgresql`», если только полный развёрнутый путь каталога уже не содержит строку «`postgres`» или «`pgsql`». Так, если вы выберете в качестве префикса `/usr/local`, документация будет установлена в `/usr/local/doc/postgresql`, но с префиксом `/opt/postgres` она будет помещена в `/opt/postgres/doc`. Внешние заголовочные файлы C для клиентских интерфейсов устанавливаются в `includedir`, не загрязняя пространство имён. Внутренние и серверные заголовочные файлы устанавливаются в частные подкаталоги внутри `includedir`. Чтобы узнать, как обращаться к заголовочным файлам того или иного интерфейса, обратитесь к документации этого интерфейса. Наконец, для динамически загружаемых модулей, если требуется, будет также создан частный подкаталог внутри `libdir`.

16.4.1.2. Функциональность PostgreSQL

В этом разделе описаны параметры, включающую различную функциональность PostgreSQL, которая по умолчанию не собирается. Многие из этих компонентов не собираются по умолчанию, потому что требуют дополнительного программного обеспечения, о чём говорится в Разделе 16.2.

`--enable-nls[=ЯЗЫКИ]`

Включает поддержку национальных языков (NLS, Native Language Support), то есть возможность выводить сообщения программы не только на английском языке. Значение *ЯЗЫКИ* представляет необязательный список кодов языков через пробел, поддержка которых вам нужна, например: `--enable-nls='de fr ru'`. (Пересечение заданного вами списка и множества действительно доступных переводов будет вычислено автоматически.) Если список не задаётся, устанавливаются все доступные переводы.

Для использования этой возможности вам потребуется реализация API Gettext.

`--with-perl`

Включает поддержку языка PL/Perl на стороне сервера.

`--with-python`

Включает поддержку языка PL/Python на стороне сервера.

`--with-tcl`

Включает поддержку языка PL/Tcl на стороне сервера.

`--with-tclconfig=КАТАЛОГ`

Tcl устанавливает файл `tclConfig.sh`, содержащий конфигурационные данные, необходимые для сборки модулей, взаимодействующих с Tcl. Этот файл обычно находится автоматически в известном размещении, но если вы хотите использовать другую версию Tcl, вы должны указать каталог, где искать `tclConfig.sh`.

`--with-icu`

Включает поддержку библиотеки ICU, что позволяет использовать правила сортировки ICU (см. Раздел 23.2). Для этого должен быть установлен пакет ICU4C. В настоящее время требуется ICU4C версии не ниже 4.2.

По умолчанию для определения нужных параметров компиляции будет использоваться pkg-config. Этот вариант работает для ICU4C версии 4.6 и новее. Для более старых версий или в отсутствие pkg-config соответствующие параметры для `configure` можно задать в переменных `ICU_CFLAGS` и `ICU_LIBS`, как в этом примере:

```
./configure ... --with-icu ICU_CFLAGS='-I/путь/include' ICU_LIBS='-L/путь/lib -licui18n -licuuc -licudata'
```

(Даже если ICU4C находится в пути поиска, который использует компилятор, тем не менее нужно задать непустые значения, чтобы избежать обращения к pkg-config, например, `ICU_CFLAGS=' '`.)

`--with-llvm`

Включает поддержку JIT-компиляции (см. Главу 31) на базе LLVM. Для этого должна быть установлена библиотека LLVM. В настоящее время требуется версия LLVM не ниже 3.9.

Программа `llvm-config`будет использоваться для выяснения требуемых параметров компиляции. Поиск её будет выполняться в заданных путях `PATH` по имени `llvm-config`, а затем `llvm-config-$major-$minor` для всех поддерживаемых версий. Если нужную программу найти таким образом не удастся, воспользуйтесь переменной `LLVM_CONFIG` и укажите путь к корректному `llvm-config`. Например:

```
./configure ... --with-llvm LLVM_CONFIG='/path/to/llvm/bin/llvm-config'
```

Для поддержки LLVM требуется совместимый компилятор `clang` (указываемый, если это требуется, в переменной окружения `CLANG`) и работающий компилятор C++ (указываемый, если требуется, в переменной окружения `CXX`).

`--with-openssl`

Включает поддержку соединений SSL (зашифрованных). Для этого необходимо установить пакет OpenSSL. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции OpenSSL, прежде чем продолжить.

`--with-gssapi`

Включает поддержку аутентификации GSSAPI. На многих платформах подсистема GSSAPI (обычно входящая в состав Kerberos) устанавливается не в то размещение, которое просматривается по умолчанию (например, `/usr/include`, `/usr/lib`), так что помимо этого параметра вам придётся задать параметры `--with-includes` и `--with-libraries`. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции GSSAPI, прежде чем продолжить.

`--with-ldap`

Включает поддержку LDAP для проверки подлинности и получения параметров соединения (за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.17 и Разделу 20.10). В Unix для этого нужно установить пакет OpenLDAP. В Windows используется стандартная библиотека WinLDAP. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции OpenLDAP, прежде чем продолжить.

`--with-pam`

Включает поддержку PAM (Pluggable Authentication Modules, подключаемых модулей аутентификации).

`--with-bsd-auth`

Включает поддержку аутентификации BSD. (Инфраструктура аутентификации BSD в настоящее время доступна только в OpenBSD.)

`--with-systemd`

Включает поддержку служебных уведомлений для systemd. Это улучшает интеграцию с системой, когда сервер запускается под управлением systemd, и не оказывает никакого влияния в противном случае; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 18.3. Для использования этой поддержки в системе должна быть установлена libsystemd с сопутствующими заголовочными файлами.

`--with-bonjour`

Включает поддержку Bonjour, протокола автоматического обнаружения служб. Для этого Bonjour должен поддерживаться самой операционной системой. Рекомендуется для macOS.

`--with-uuid=`*БИБЛИОТЕКА*

Собрать модуль uuid-ossp (предоставляющий функции для генерирования UUID), используя заданную библиотеку UUID. *БИБЛИОТЕКА* может быть следующей:

- `bsd`, чтобы использовались функции получения UUID, имеющиеся во FreeBSD и некоторых других системах на базе BSD
- `e2fs`, чтобы использовалась библиотека получения UUID, созданная в рамках проекта `e2fsprogs`; эта библиотека присутствует в большинстве систем Linux и macOS, также её можно найти и для других платформ.
- `ossp`, чтобы использовалась библиотека *OSSP UUID*

`--with-ossp-uuid`

Устаревший вариант указания `--with-uuid=ossp`.

`--with-libxml`

Собрать с libxml2, включая тем самым поддержку SQL/XML. Для этого требуется libxml версии 2.6.23 или новее.

Для определения нужных параметров компиляции и компоновки PostgreSQL обратится к `pkg-config`, если эта программа установлена, и запросит у неё информацию о libxml2. В противном случае будет вызвана программа `xml2-config`, входящая в состав libxml2. Вариант с `pkg-config` предпочтительнее, так как он лучше работает в конфигурации сборки для разных архитектур.

Для использования libxml2 в нестандартном размещении вы можете задать переменные окружения для `pkg-config` (см. документацию pkg-config) или указать в переменной окружения `XML2_CONFIG` путь к программе `xml2-config`, относящейся к нужной инсталляции libxml2, либо задать непосредственно переменные `XML2_CFLAGS` и `XML2_LIBS`. (Если программа `pkg-config` установлена, переопределить предоставляемую ей информацию о нахождении libxml2 можно, установив переменную `XML2_CONFIG` или присвоив непустые значения обеим переменным `XML2_CFLAGS` и `XML2_LIBS`.)

`--with-libxslt`

Собрать с libxslt, включая тем самым возможность выполнять XSL-преобразования XML-документов в модуле xml2. Для этого также должен быть указан ключ `--with-libxml`.

16.4.1.3. Отключение функциональности

В этом разделе описаны параметры, отключающие некоторую функциональность PostgreSQL, которая по умолчанию собирается, но из-за отсутствия необходимого программного обеспечения или поддержки со стороны системы от неё нужно отказаться.

`--without-readline`

Запрещает использование библиотеки Readline (а также libedit). При этом отключается редактирование командной строки и история в psql.

`--with-libedit-preferred`

Отдаёт предпочтение библиотеке libedit с лицензией BSD, а не Readline (GPL). Этот параметр имеет значение, только если установлены обе библиотеки; по умолчанию в этом случае используется Readline.

`--without-zlib`

Запрещает использование библиотеки Zlib. При этом отключается поддержка сжатых архивов утилитами pg_dump и pg_restore.

`--disable-spinlocks`

Позволяет провести сборку, если PostgreSQL не может воспользоваться циклическими блокировками CPU на данной платформе. Отсутствие таких блокировок приводит к кардинальному снижению производительности, поэтому использовать этот вариант следует, только если сборка прерывается и выдаётся сообщение, что ваша платформа эти блокировки не поддерживает. Если вы не можете собрать PostgreSQL на вашей платформе без этого указания, сообщите о данной проблеме разработчикам PostgreSQL.

`--disable-atomics`

Отключает использование атомарных операций процессора. На архитектурах, где такие операции отсутствуют, этот параметр никак не действует. Там же, где они поддерживаются, отказ от их использования приведёт к падению производительности. Этот параметр полезен только для отладки и для сравнительной оценки быстродействия.

`--disable-thread-safety`

Отключает потокобезопасное поведение клиентских библиотек. При этом параллельные потоки программ на базе libpq и ECPG не будут безопасно контролировать собственные дескрипторы соединений. Используйте это только на тех платформах, где отсутствует полноценная поддержка потоков.

16.4.1.4. Особенности процесса сборки

`--with-includes=`*`КАТАЛОГИ`*

Значение *`КАТАЛОГИ`* представляет список каталогов через двоеточие, которые будут просмотрены компилятором при поиске заголовочных файлов. Если дополнительные пакеты (например, GNU Readline) установлены у вас в нестандартное расположение, вам придётся использовать этот параметр и, возможно, также добавить соответствующий параметр `--with-libraries`.

Пример: `--with-includes=/opt/gnu/include:/usr/sup/include`.

`--with-libraries=`*`КАТАЛОГИ`*

Значение *`КАТАЛОГИ`* представляет список каталогов через двоеточие, в котором следует искать библиотеки. Возможно, вам потребуется использовать этот параметр (и соответствующий `--with-includes`), если какие-то пакеты установлены у вас в нестандартное размещение.

Пример: `--with-libraries=/opt/gnu/lib:/usr/sup/lib`.

`--with-system-tzdata=`*`КАТАЛОГ`*

В PostgreSQL включена собственная база данных часовых поясов, необходимая для операций с датой и временем. На самом деле эта база данных совместима с базой часовых поясов IANA, поставляемой в составе многих операционных систем FreeBSD, Linux, Solaris, поэтому устанавливать её дополнительно может быть излишне. С этим параметром вместо базы данных, включённой в пакет исходного кода PostgreSQL, будет использоваться системная база данных часовых поясов, находящаяся в заданном *`КАТАЛОГЕ`*. *`КАТАЛОГ`* должен задаваться абсолютным путём (в ряде операционных систем принят путь `/usr/share/zoneinfo`). Заметьте, что процедура установки не будет проверять несоответствия или ошибки в данных часовых поясов. Поэтому, используя этот параметр, рекомендуется выполнить регрессионные тесты, чтобы убедиться, что выбранная вами база данных часовых поясов работает корректно с PostgreSQL.

Этот параметр в основном предназначен для тех, кто собирает двоичные пакеты для дистрибутивов и хорошо знает свою операционную систему. Основной плюс от использования системных данных в том, что пакет PostgreSQL не придётся обновлять при изменениях местных определений часовых поясов. Ещё один плюс заключается в упрощении кросс-компиляции, так как при инсталляции не требуется собирать базу данных часовых поясов.

`--with-extra-version=СТРОКА`

Заданная *СТРОКА* добавляется к номеру версии PostgreSQL. Это можно использовать, например, чтобы двоичные файлы, собранные из промежуточных снимков Git или кода с дополнительными правками, отличались от стандартных дополнительной строкой в версии, например, содержащей идентификатор `git describe` или номер выпуска дистрибутивного пакета.

`--disable-rpath`

Не добавлять в исполняемые файлы PostgreSQL атрибут, с которым они будут искать разделяемые библиотеки в каталоге библиотек инсталляции (см. `--libdir`). На большинстве платформ этот атрибут задаёт абсолютный путь к каталогу библиотек, поэтому этот вариант не подходит, если вы намерены перемещать готовую инсталляцию. Однако вам в любом случае нужно каким-то образом указать, где исполняемые файлы могут найти разделяемые библиотеки. Обычно для этого нужно настроить механизм динамического связывания в операционной системе, указав нужный каталог библиотек; за подробностями обратитесь к Подразделу 16.5.1.

16.4.1.5. Разное

Из следующих параметров чаще всего применяется, особенно в тестовых сборках, параметр `--with-pgport`, позволяющий изменить номер порта по умолчанию. Другие описанные в этом разделе параметры рекомендуется использовать только опытным пользователям.

`--with-pgport=НОМЕР`

Задаёт *НОМЕР* порта по умолчанию для сервера и клиентов. Стандартное значение — 5432. Этот порт всегда можно изменить позже, но если вы укажете другой номер здесь, и сервер, и клиенты будут скомпилированы с одним значением, что очень удобно. Обычно менять это значение имеет смысл, только если вы намерены запускать в одной системе несколько серверов PostgreSQL.

`--with-krb-srvnam=ИМЯ`

Задаёт имя по умолчанию для субъекта-службы Kerberos, используемое GSSAPI (по умолчанию это `postgres`). Обычно менять его имеет смысл только в сборке для среды Windows, где оно должно быть задано в верхнем регистре (`POSTGRES`).

`--with-segsize=РАЗМЕР_СЕГМЕНТА`

Задаёт *размер сегмента* (в гигабайтах). Сервер делит большие таблицы на несколько файлов в файловой системе, ограничивая размер каждого данным размером сегмента. Это позволяет обойти ограничения на размер файлов, существующие на многих платформах. Размер сегмента по умолчанию, 1 гигабайт, безопасен для всех поддерживаемых платформ. Если же ваша операционная система поддерживает «большие файлы» (а сегодня это поддерживают почти все), вы можете установить больший размер сегмента. Это позволит уменьшить число файловых дескрипторов, используемых при работе с очень большими таблицами. Но будьте осторожны, чтобы выбранное значение не превысило максимум, поддерживаемый вашей платформой и файловыми системами, которые вы будете применять. Возможно, допустимый размер файла будет ограничиваться и другими утилитами, которые вы захотите использовать, например tar. Рекомендуется, хотя и не требуется, чтобы это значение было степенью 2. Заметьте, что с изменением этого значения нарушается совместимость формата базы на диске, то есть вы не сможете использовать `pg_upgrade` для перехода к сборке с другим размером сегмента.

`--with-blocksize=РАЗМЕР_БЛОКА`

Задаёт *размер блока* (в килобайтах). Эта величина будет единицей хранения и ввода/вывода данных таблиц. Значение по умолчанию, 8 килобайт, достаточно универсально; но в особых случаях может быть оправдан другой размер блока. Это значение должно быть степенью 2 от 1 до 32 (в килобайтах). Заметьте, что с изменением этого значения нарушается совместимость формата базы на диске, то есть вы не сможете использовать `pg_upgrade` для перехода к сборке с другим размером блока.

`--with-wal-blocksize=`*`РАЗМЕР_БЛОКА`*

Задаёт *размер блока WAL* (в килобайтах) Эта величина будет единицей хранения и ввода/вывода записей WAL. Значение по умолчанию, 8 килобайт, достаточно универсально; но в особых случаях может быть оправдан другой размер блока. Это значение должно быть степенью 2 от 1 до 64 (в килобайтах). Заметьте, что с изменением этого значения нарушается совместимость формата базы на диске, то есть вы не сможете использовать `pg_upgrade` для перехода к сборке с другим размером блока WAL.

16.4.1.6. Параметры для разработчиков

Большинство параметров в этом разделе имеют ценность только для разработки или отладки PostgreSQL. Использовать их в производственных сборках не рекомендуется, кроме, возможно, ключа `--enable-debug`, позволяющего получить подробную информацию об ошибке, в случае, если вы столкнётесь с проблемой. На платформах, поддерживающих DTrace, также может иметь смысл использовать для производственной сборки `--enable-dtrace`.

При сборке инсталляции, которая будет использоваться для отладки внутреннего кода сервера, рекомендуется как минимум использовать параметры `--enable-debug` и `--enable-cassert`.

`--enable-debug`

Включает компиляцию всех программ и библиотек с отладочными символами. Это значит, что вы сможете запускать программы в отладчике для анализа проблем. При такой компиляции размер установленных исполняемых файлов значительно увеличивается, а компиляторы, кроме GCC, обычно отключают оптимизацию, что снижает быстродействие. Однако наличие отладочных символов очень полезно при решении возможных проблем любой сложности. В настоящее время рекомендуется использовать этот параметр для производственной среды, только если применяется компилятор GCC. Но если вы занимаетесь разработкой или испытываете бета-версию, его следует использовать всегда.

`--enable-cassert`

Включает для сервера проверочные *утверждения*, проверяющие множество условий, которые «не должны происходить». Это бесценно в процессе разработки кода, но эти проверки могут значительно замедлить работу сервера. Кроме того, включение этих проверок не обязательно увеличит стабильность вашего сервера! Проверочные утверждения не категоризируются по важности, поэтому относительно безвредная ошибка может привести к перезапуску сервера, если утверждение не выполнится. Применять это следует, только если вы занимаетесь разработкой или испытываете бета-версию, но не в производственной среде.

`--enable-tap-tests`

Включает тесты по технологии Perl TAP. Для этого у вас должен быть установлен Perl и модуль `IPC::Run`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 32.4.

`--enable-depend`

Включает автоматическое отслеживание зависимостей. С этим параметром скрипты Makefile настраиваются так, чтобы при изменении любого заголовочного файла пересобирались все зависимые объектные файлы. Это полезно в процессе разработки, но если вам нужно только скомпилировать и установить сервер, это будет лишней тратой времени. В настоящее время это работает только с GCC.

`--enable-coverage`

При использовании GCC все программы и библиотеки компилируются с инструментарием, оценивающим покрытие кода тестами. Если его запустить, в каталоге сборки будут сформированы файлы с метриками покрытия кода. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 32.5. Этот параметр предназначен только для GCC и только для использования в процессе разработки.

`--enable-profiling`

При использовании GCC все программы и библиотеки компилируются так, чтобы их можно было профилировать. В результате по завершении серверного процесса будет создаваться подкаталог с файлом `gmon.out`, содержащим данные для профилирования. Этот параметр предназначен только для GCC и только для тех, кто занимается разработкой.

`--enable-dtrace`

Включает при компиляции PostgreSQL поддержку средства динамической трассировки DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 27.5.

Задать расположение программы `dtrace` можно в переменной окружения `DTRACE`. Часто это необходимо, потому что `dtrace` обычно устанавливается в каталог `/usr/sbin`, который может отсутствовать в `PATH`.

Дополнительные параметры командной строки для `dtrace` можно задать в переменной окружения `DTRACEFLAGS`. В Solaris, чтобы включить поддержку DTrace для 64-битной сборки, необходимо передать параметр `DTRACEFLAGS="-64"`. Например, с компилятором GCC:

```
./configure CC='gcc -m64' --enable-dtrace DTRACEFLAGS='-64' ...
```

С компилятором Sun:

```
./configure CC='/opt/SUNWspro/bin/cc -xtarget=native64' --enable-dtrace
 DTRACEFLAGS='-64' ...
```

16.4.2. Переменные окружения для configure

Помимо описанных выше обычных парамеров командной строки скрипт `configure` воспринимает ряд переменных окружения. Эти переменные можно задать в командной строке `configure`, например так:

```
./configure CC=/opt/bin/gcc CFLAGS='-O2 -pipe'
```

При таком указании переменная окружения несколько отличается от параметра командной строки. Также можно задать переменные окружения предварительно:

```
export CC=/opt/bin/gcc
export CFLAGS='-O2 -pipe'
./configure
```

Этот вариант может быть удобнее, так как параметры, заданные таким образом, могут восприниматься конфигурационными скриптами многих программ в одном ключе.

Из описанных здесь переменных окружения чаще всего используются `CC` и `CFLAGS`. Если вы предпочитаете компилятор C, отличный от выбираемого скриптом `configure`, укажите его в переменной `CC`. По умолчанию `configure` выбирает `gcc` (если он находится) или стандартный компилятор платформы (обычно `cc`). Подобным образом при необходимости можно переопределить флаги компилятора по умолчанию с помощью переменной `CFLAGS`.

Ниже приведён список значимых переменных, которые можно установить таким образом:

`BISON`

программа Bison

`CC`

компилятор C

`CFLAGS`

параметры, передаваемые компилятору C

`CLANG`

путь к программе `clang`, которая будет подготавливать исходный код для встраивания при компиляции с ключом `--with-llvm`

`CPP`

препроцессор C

`CPPFLAGS`

параметры, передаваемые препроцессору C

`CXX`

компилятор C++

`CXXFLAGS`

параметры, передаваемые компилятору C++

`DTRACE`

расположение программы `dtrace`

`DTRACEFLAGS`

параметры, передаваемые программе `dtrace`

`FLEX`

программа Flex

`LDFLAGS`

параметры, которые должны использоваться при компоновке исполняемых программ или разделяемых библиотек

`LDFLAGS_EX`

дополнительные параметры для компоновки только исполняемых программ

`LDFLAGS_SL`

дополнительные параметры для компоновки только разделяемых библиотек

`LLVM_CONFIG`

программа `llvm-config`, помогающая найти инсталляцию LLVM

`MSGFMT`

расположение программы `msgfmt` для поддержки национальных языков

`PERL`

Команда, вызывающая интерпретатор Perl. Она помогает определить зависимости для сборки PL/Perl. Значение по умолчанию — `perl`.

`PYTHON`

Команда, вызывающая интерпретатор Python. Она нужна для определения зависимостей при сборке PL/Python. Кроме того, выбранная таким образом (или неявно как-то ещё) версия Python, 2 или 3, определяет вариацию языка PL/Python, которая будет доступна. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 45.1. Если это значение не определено, в указанном порядке перебираются следующие варианты: `python python3 python2`.

`TCLSH`

Команда, вызывающая интерпретатор Tcl. Она помогает определить зависимости для сборки PL/Tcl. Если она не задана, в указанном порядке перебираются следующие варианты: `tclsh tcl tclsh8.6 tclsh86 tclsh8.5 tclsh85 tclsh8.4 tclsh84`.

`XML2_CONFIG`

программа `xml2-config`, помогающая найти инсталляцию libxml2

Иногда может быть полезно добавить флаги компилятора к набору флагов, ранее заданному на этапе `configure`. В частности, эта потребность объясняется тем, что параметр gcc `-Werror` нельзя указать в переменной `CFLAGS`, передаваемой `configure`, так как в результате сломаются многие встроенные тесты `configure`. Чтобы добавить такие флаги, задайте их в переменной среды `COPT` при запуске `make`. Содержимое `COPT` будет добавлено в параметры `CFLAGS` и `LDFLAGS`, заданные скриптом `configure`. Например, вы можете выполнить:

```
make COPT='-Werror'
```

или

```
export COPT='-Werror'
make
```

Примечание

Используя GCC, лучше выполнять сборку с уровнем оптимизации не ниже `-O1`, так как без оптимизации (`-O0`) отключаются некоторые важные предупреждения компилятора (например, об использовании неинициализированных переменных). Однако оптимизация ненулевого уровня может затруднить отладку, так как при пошаговом выполнении скомпилированный код обычно не соответствует в точности строкам исходного кода. При возникновении сложностей с отладкой оптимизированного кода, перекомпилируйте интересующие вас файлы с ключом `-O0`. Это можно сделать, просто передав соответствующий параметр make: `make PROFILE=-O0 file.o`.

На самом деле переменные окружения `COPT` и `PROFILE` обрабатываются сборочными файлами Makefile PostgreSQL одинаково. Поэтому выбор одной из этих переменных — дело вкуса, но обычно разработчики используют `PROFILE` для одноразовых корректив флагов, а содержимое `COPT` сохраняют постоянным.

16.5. Действия после установки

16.5.1. Разделяемые библиотеки

В некоторых системах с разделяемыми библиотеками необходимо указать системе, как найти недавно установленные разделяемые библиотеки. К числу систем, где это *не* требуется, относятся FreeBSD, HP-UX, Linux, NetBSD, OpenBSD и Solaris.

Путь поиска разделяемых библиотек на разных платформах может устанавливаться по-разному, но наиболее распространённый способ — установить переменную окружения `LD_LIBRARY_PATH`, например так: в оболочках Bourne (`sh`, `ksh`, `bash`, `zsh`):

```
LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/pgsql/lib
export LD_LIBRARY_PATH
```

или в `csh`, `tcsh`:

```
setenv LD_LIBRARY_PATH /usr/local/pgsql/lib
```

Замените `/usr/local/pgsql/lib` значением, переданным Шаг 1 в `--libdir`. Эти команды следует поместить в стартовый файл оболочки, например, в `/etc/profile` или `~/.bash_profile`. Полезные предостережения об использовании этого метода приведены на странице *http://xahlee.info/UnixResource_dir/_/ldpath.html*.

В некоторых системах предпочтительнее установить переменную окружения `LD_RUN_PATH` *до* сборки.

В Cygwin добавьте каталог с библиотеками в `PATH` или переместите файлы `.dll` в каталог `bin`.

В случае сомнений обратитесь к страницам руководства по вашей системе (возможно, к справке по `ld.so` или `rld`). Если вы позже получаете сообщение:

```
psql: error in loading shared libraries
libpq.so.2.1: cannot open shared object file: No such file or directory
```

(psql: ошибка при загрузке разделяемых библиотек libpq.so.2.1: не удалось открыть разделяемый объектный файл: Нет такого файла или каталога), значит этот шаг был необходим. Тогда вам просто нужно вернуться к нему.

Если вы используете Linux и имеете права root, вы можете запустить:

```
/sbin/ldconfig /usr/local/pgsql/lib
```

(возможно, с другим каталогом) после установки, чтобы механизм связывания во время выполнения мог найти разделяемые библиотеки быстрее. За дополнительными сведениями обратитесь к странице руководства по `ldconfig`. Во FreeBSD, NetBSD и OpenBSD команда будет такой:

```
/sbin/ldconfig -m /usr/local/pgsql/lib
```

В других системах подобной команды может не быть.

16.5.2. Переменные окружения

Если целевым каталогом был выбран `/usr/local/pgsql` или какой-то другой, по умолчанию отсутствующий в пути поиска, вам следует добавить `/usr/local/pgsql/bin` (или другой путь, переданный Шаг 1 в указании `--bindir`) в вашу переменную `PATH`. Строго говоря, это не обязательно, но при этом использовать PostgreSQL будет гораздо удобнее.

Для этого добавьте в ваш скрипт запуска оболочки, например `~/.bash_profile` (или в `/etc/profile`, если это нужно всем пользователям):

```
PATH=/usr/local/pgsql/bin:$PATH
export PATH
```

Для оболочек `csh` или `tcsh` команда должна быть такой:

```
set path = ( /usr/local/pgsql/bin $path )
```

Чтобы ваша система могла найти документацию man, вам нужно добавить в скрипт запуска оболочки примерно следующие строки, если только она не установлена в размещение, просматриваемое по умолчанию:

```
MANPATH=/usr/local/pgsql/share/man:$MANPATH
export MANPATH
```

Переменные окружения `PGHOST` и `PGPORT` задают для клиентских приложений адрес компьютера и порт сервера базы данных, переопределяя стандартные значения. Если планируется запускать клиентские приложения удалённо, пользователям, которые будут использовать определённый сервер, будет удобно, если они установят `PGHOST`. Однако это не обязательно, так как большинство клиентских программ могут принять эти параметры через аргументы командной строки.

16.6. Поддерживаемые платформы

Платформа (то есть комбинация архитектуры процессора и операционной системы) считается поддерживаемой сообществом разработчиков PostgreSQL, если код адаптирован для работы на этой платформе, и он в настоящее время успешно собирается и проходит регрессионные тесты на ней. В настоящее время тестирование совместимости в основном выполняется автоматически в *Ферме сборки PostgreSQL*. Если вы заинтересованы в использовании PostgreSQL на платформе, ещё не представленной в ферме сборки, но уверены, что код на ней работает или может работать, мы очень хотели бы, чтобы вы включили в ферму сборки свой компьютер с этой платформой для постоянной гарантии совместимости.

Вообще следует ожидать, что PostgreSQL будет работать на процессорах следующих архитектур: x86, x86_64, IA64, PowerPC, PowerPC 64, S/390, S/390x, Sparc, Sparc 64, ARM, MIPS, MIPSEL и PA-RISC. Есть также код для поддержки M68K, M32R и VAX, но неизвестно, проверялась ли его работа в последнее время. Часто сервер можно собрать для неподдерживаемого типа процессора, сконфигурировав сборку с указанием `--disable-spinlocks`, но производительность при этом будет неудовлетворительной.

Также следует ожидать, что сервер PostgreSQL будет работать в следующих операционных системах: Linux (все последние дистрибутивы), Windows (XP и новее), FreeBSD, OpenBSD, NetBSD, macOS, AIX, HP/UX и Solaris. Возможна также работа в других Unix-подобных системах, но в настоящее время она не проверяется. При этом в большинстве случаев он будет работать на процессорах всех архитектур, поддерживаемых данной операционной системой. Перейдите к Разделу 16.7 и проверьте, нет ли там замечаний, относящихся именно к вашей операционной системе, особенно если вы используете не самую новую систему.

Если вы столкнулись с проблемами установки на платформе, которая считается поддерживаемой согласно последним результатам сборки в нашей ферме, пожалуйста, сообщите о них по адресу `<pgsql-bugs@lists.postgresql.org>`. Если вы заинтересованы в переносе PostgreSQL на новую платформу, обсудить это можно в рассылке `<pgsql-hackers@lists.postgresql.org>`.

16.7. Замечания по отдельным платформам

В этом разделе приведены дополнительные замечания по отдельным платформам, связанные с установкой и подготовкой к работе PostgreSQL. Обязательно изучите ещё инструкции по установке, в частности Раздел 16.2. Также обратитесь к Главе 32, где рассказывается, как прочитать результаты регрессионных тестов.

Если какие-то платформы здесь не упоминаются, значит каких-либо известных особенностей установки в них нет.

16.7.1. AIX

PostgreSQL работает на платформе AIX, однако версии AIX ниже 6.1 использовать не рекомендуется, так как им присущи различные проблемы. Для сборки можно использовать GCC или собственный компилятор IBM `xlc`.

16.7.1.1. Управление памятью

Иногда управление памятью в AIX может работать несколько странно. В системе может быть свободно несколько гигабайт ОЗУ, но при запуске приложений всё равно возможны ошибки, связанные с адресным пространством или нехваткой памяти. В частности, необычные ошибки могут возникать при загрузке расширений. Например, при выполнении от имени владельца инсталляции PostgreSQL:

```
=# CREATE EXTENSION plperl;
ERROR:  could not load library "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": A memory address is not
 in the address space for the process.
```

(ОШИБКА: не удалось загрузить библиотеку "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": Адрес памяти находится не в адресном пространстве процесса.) При выполнении от имени не владельца, а члена группы-владельца инсталляции PostgreSQL:

```
=# CREATE EXTENSION plperl;
```

```
ERROR:  could not load library "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": Bad address
```

(ОШИБКА: не удалось загрузить библиотеку "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": Неверный адрес) Также сообщения о нехватке могут появляться в журнале PostgreSQL при попытке выделить блок памяти размером около 256 МиБ или больше.

Общая причина всех этих проблем связана с битностью и моделью памяти серверного процесса. По умолчанию все исполняемые файлы для AIX собираются как 32-битные, вне зависимости от того, какой тип оборудования или ядра используется. Такие 32-битные процессы ограничиваются общим пространством в 4 ГиБ, разделённым на сегменты по 256 МиБ, по одной из нескольких моделей. По умолчанию в куче можно выделить меньше 256 МиБ, так как она разделяет один сегмент со стеком.

В ситуации с показанным выше примером `plperl` проверьте umask и разрешения, назначенные для двоичных файлов в вашей инсталляции PostgreSQL. Задействованные в данном примере двоичные файлы были 32-битными и установились с режимом 750 вместо 755. Из-за таких разрешений только владелец или член группы-владельца могли загрузить требуемую библиотеку. Так как она недоступна для чтения всем, загрузчик помещал этот объект в область кучи процесса, а не в сегменты разделяемых библиотек, где он должен находиться.

В «идеале» эту проблему можно решить, если использовать 64-битную сборку PostgreSQL, но это не всегда практично, так как с 32-битным процессором нельзя будет запустить 64-битный код (можно только собрать).

При желании использовать 32-битную версию сервера установите в `LDR_CNTRL` значение `MAXDATA=0x`*n*`0000000`, где 1 <= n <= 8, до запуска PostgreSQL, и попробуйте подобрать подходящее значение и параметры `postgresql.conf`. Переменная окружения `LDR_CNTRL` говорит AIX, что вы хотите, чтобы сервер получил `MAXDATA` байт для области кучи, в сегментах по 256 МиБ. Подобрав рабочее значение, можно воспользоваться `ldedit` и модифицировать двоичные файлы, чтобы они использовали такой размер кучи по умолчанию. Тот же эффект можно получить, пересобрав PostgreSQL с указанием `configure LDFLAGS="-Wl,-bmaxdata:0x`*n*`0000000"`.

Для 64-битной сборки определите переменную `OBJECT_MODE` со значением 64 и передайте `configure` указания `CC="gcc -maix64"` и `LDFLAGS="-Wl,-bbigtoc"`. (Для `xlc` параметры могут быть другими.) Если нужное значение `OBJECT_MODE` не будет экспортировано, при сборке могут произойти ошибки на стадии компоновки. Когда переменная `OBJECT_MODE` установлена, она говорит сборочным утилитам AIX, таким как `ar`, `as` и `ld`, какие типы объектов обрабатывать по умолчанию.

По умолчанию система может чрезмерно выделять память в пространстве подкачки. Хотя нам не приходилось с этим сталкиваться, AIX уничтожает процессы при попытке обращения к чрезмерно выделенной памяти, когда её фактически не хватает. Наиболее близкое, что мы наблюдали, была ошибка порождения процесса из-за того, что система решала, что для него не хватает памяти. Как и многие другие компоненты AIX, механизмы распределения пространства подкачки и уничтожения процессов при нехватке памяти можно настроить на уровне системы или процесса, если возникают подобные проблемы.

16.7.2. Cygwin

PostgreSQL можно собрать с применением Cygwin, Linux-подобной среды для Windows, но сейчас этому методу предпочитается обычная сборка в Windows (см. Главу 17), и запускать сервер в среде Cygwin более не рекомендуется.

Выполняя сборку, следуйте процедуре установки в стиле Unix (т. е., `./configure; make`; и т. д.) с учётом следующих особенностей Cygwin:

- Настройте путь поиска так, чтобы каталог bin в Cygwin стоял перед каталогами утилит Windows. Это поможет избавиться от проблем при компиляции.
- Команда `adduser` не поддерживается; воспользуйтесь соответствующим средством управления пользователями для Windows NT, 2000 или XP. Либо просто пропустите этот шаг.

- Команда `su` не поддерживается; для эмуляции su в Windows NT, 2000 или XP воспользуйтесь ssh. Либо пропустите этот шаг.
- OpenSSL не поддерживается.
- Запустите `cygserver` для поддержки разделяемой памяти. Для этого введите команду `/usr/sbin/cygserver &`. Эта программа должна работать всегда при запуске сервера PostgreSQL или инициализации кластера баз данных (`initdb`). Возможно, вам придётся настроить конфигурацию `cygserver` (например, увеличить `SEMMNS`), чтобы PostgreSQL мог получить требуемые системные ресурсы.
- Сборка может завершиться ошибкой в некоторых системах, где используется локаль, отличная от C. Чтобы исправить это, выберите локаль C, выполнив `export LANG=C.utf8` до сборки, а затем восстановите предыдущее значение после установки PostgreSQL.
- Параллельные регрессионные тесты (`make check`) могут выдавать ложные ошибки тестирования при переполнении очереди `listen()`, из-за чего подключения могут не устанавливаться или зависать. Вы можете ограничить число подключений, определив переменную make `MAX_CONNECTIONS` так:

  ```
  make MAX_CONNECTIONS=5 check
  ```

  (В некоторых системах поддерживается до 10 одновременных подключений).

Сервер PostgreSQL и `cygserver` можно запустить в виде служб Windows NT. Как это сделать, рассказывается в описании `README`, включённом в двоичный пакет PostgreSQL для Cygwin. Оно устанавливается в каталог `/usr/share/doc/Cygwin`.

16.7.3. macOS

Чтобы собрать PostgreSQL из исходного кода в macOS, необходимо установить предоставляемые Apple инструменты командной строки для разработки, что можно сделать, выполнив:

```
xcode-select --install
```

(заметьте, что при этом в графическом интерфейсе появится окно подтверждения). Также вы можете установить Xcode, хотя это не требуется.

В последних версиях macOS необходимо включать путь «sysroot» во флаги include, позволяющие найти некоторые системные заголовочные файлы. Как результат, вывод скрипта configure может меняться в зависимости от того, какая версия SDK использовалась в процессе configure. Это не должно создавать никаких проблем в простых сценариях, но если вы попытаетесь, например, собрать расширение не на той машине, где был собран серверный код, то может потребоваться явно указать другой путь sysroot. В этом случае установите `PG_SYSROOT`, например, так:

```
make PG_SYSROOT=/требуемый/путь all
```

Чтобы узнать правильный путь на вашей машине, выполните:

```
xcrun --show-sdk-path
```

Заметьте, что собирать расширения с версией sysroot, отличной от той, с которой собиралось ядро сервера, не рекомендуется; в худшем случае это приведёт к труднодиагностируемым несогласованностям ABI.

Также при конфигурировании вы можете задать sysroot, отличный от подразумеваемого по умолчанию, передав `PG_SYSROOT` скрипту configure:

```
./configure ... PG_SYSROOT=/требуемый/путь
```

Это может быть полезно прежде всего при кросс-компиляции для какой-либо другой версии macOS. При этом не гарантируется, что полученные исполняемые файлы будут запускаться в текущей системе.

Чтобы полностью подавить параметры `-isysroot`, выполните:

```
./configure ... PG_SYSROOT=none
```

(указать можно любой несуществующий путь). Это может быть полезно, если вы хотите воспользоваться сторонним компилятором, не Apple, но учтите, что такая сборка не тестируется и не поддерживается разработчиками PostgreSQL.

Функциональность «Защита целостности системы» (System Integrity Protection, SIP) в macOS нарушает работу `make check`, так как она не позволяет передавать нужное значение `DYLD_LIBRARY_PATH` тестируемым исполняемым файлам. Обойти эту проблему можно, выполнив `make install` перед `make check`. Однако большинство разработчиков PostgreSQL просто отключают SIP.

16.7.4. MinGW/Собственная сборка Windows

PostgreSQL для Windows можно собрать с использованием MinGW, Unix-подобной среды сборки для операционных систем Microsoft, либо используя набор средств разработки Microsoft Visual C++. При использовании MinGW применяется обычная система сборки, описанная в этой главе; сборка Visual C++ выполняется по-другому, как описано в Главе 17.

PostgreSQL, портированный в Windows, будет работать в 32- или 64-битной версии Windows 2000 или новее. В предыдущих операционных системах нет достаточной инфраструктуры (но там можно использовать Cygwin). MinGW, Unix-подобные средства сборки, и MSYS, набор утилит Unix, требуемых для исполнения скриптов типа `configure`, можно загрузить с сайта *http://www.mingw.org/*. Эти дополнительные программы нужны только для сборки, для запуска полученных исполняемых файлов они не требуются.

Чтобы собрать 64-битную версию с использованием MinGW, установите набор 64-битных утилит с *https://mingw-w64.org/*, добавьте путь к его каталогу bin в `PATH` и запустите `configure` с параметром `--host=x86_64-w64-mingw32`.

Когда вы всё установите, запускать psql предлагается из `CMD.EXE`, так как в консоли MSYS есть проблемы с буферизацией.

16.7.4.1. Сбор аварийных дампов в Windows

В случае аварии PostgreSQL в Windows он может сгенерировать минидамп памяти, который помогает выяснить причину аварии, подобно дампам памяти в Unix. Проанализировать эти дампы можно, используя Windows Debugger Tools (Средства отладки Windows) или Visual Studio. Чтобы в Windows получить дамп в случае аварии, создайте подкаталог `crashdumps` в каталоге данных кластера. Дампы будут записываться в этот каталог с уникальным именем, составленным из идентификатора процесса, давшего сбой, и времени сбоя.

16.7.5. Solaris

PostgreSQL хорошо поддерживается в Solaris. Чем новее операционная система, тем меньше затруднений будет.

16.7.5.1. Требуемые инструменты

Вы можете выполнить сборку с GCC или с набором компиляторов Sun. Для лучшей оптимизации кода на архитектуре SPARC настоятельно рекомендуется использовать компилятор Sun. Если вы решили применить компилятор Sun, не выберите по ошибке `/usr/ucb/cc`; правильный путь — `/opt/SUNWspro/bin/cc`.

Sun Studio вы можете загрузить с сайта *https://www.oracle.com/technetwork/server-storage/solarisstudio/downloads/*. Средства GNU по большей части интегрированы в Solaris 10, либо представлены на сопутствующем CD. Если вам нужны пакеты для старых версий Solaris, вы можете найти их на сайте *http://www.sunfreeware.com*. Если вы предпочитаете исходный код, обратитесь к *https://www.gnu.org/prep/ftp*.

16.7.5.2. Процедура configure сообщает о сбое тестовой программы

Если `configure` сообщает о сбое тестовой программы, это может быть вызвано тем, что при связывании во время выполнения не удаётся найти некоторую библиотеку, вероятно, libz, libreadline или какую-то другую нестандартную, например, libssl. Чтобы указать правильное размещение библиотеки, задайте переменную окружения `LDFLAGS` в командной строке `configure`, например так:

```
configure ... LDFLAGS="-R /usr/sfw/lib:/opt/sfw/lib:/usr/local/lib"
```

За дополнительными сведениями обратитесь к странице man ld.

16.7.5.3. Компиляция для максимальной производительности

Для архитектуры SPARC настоятельно рекомендуется проводить компиляцию с использованием Sun Studio. Добавив флаг `-xO5`, вы можете получить исполняемый код, который будет работать значительно быстрее. Но не добавляйте никакие флаги, влияющие на вычисления с плавающей точкой или обработку `errno` (например, `-fast`).

Если у вас нет причины использовать 64-битные программы в архитектуре SPARC, собирайте 32-битную версию, так как 64-битные операции, а значит и 64-битные программы, выполняются медленнее 32-битных. С другой стороны, 32-битный код для процессоров семейства AMD64 не является «родным», поэтому на таких процессорах значительно медленнее работает 32-битный код.

16.7.5.4. Применение DTrace для трассировки PostgreSQL

Да, вы можете использовать DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 27.5.

Если компоновка исполняемого файла `postgres` прерывается с таким сообщением об ошибке:

```
Undefined                       first referenced
 symbol                             in file
AbortTransaction                    utils/probes.o
CommitTransaction                   utils/probes.o
ld: fatal: Symbol referencing errors. No output written to postgres
collect2: ld returned 1 exit status
make: *** [postgres] Error 1
```

Это означает, что ваша инсталляция DTrace слишком стара и неспособна работать с пробами в статических функциях. Для использования DTrace нужна версия Solaris 10u4 или новее.

Глава 17. Установка из исходного кода в Windows

Для большинства пользователей рекомендуется просто загрузить дистрибутив для Windows с сайта PostgreSQL. Компиляция из исходного кода описана только для разработчиков сервера PostgreSQL или его расширений.

Существует несколько различных способов сборки PostgreSQL для Windows. Самый простой способ сборки с применением инструментов Microsoft — установить Visual Studio 2022 и использовать входящий в её состав компилятор. Также возможна сборка с помощью полной версии Microsoft Visual C++ 2013—2022. В некоторых случаях помимо компилятора требуется установить Windows SDK.

Также возможно собрать PostgreSQL с помощью средств компиляции GNU, используя среду MinGW, либо с помощью Cygwin для более старых версий Windows.

При компиляции с помощью MinGW или Cygwin сборка производится как обычно, см. Главу 16 и дополнительные замечания в Подразделе 16.7.4 и Подразделе 16.7.2. Чтобы получить в этих окружениях «родные» 64-битные двоичные файлы, используйте инструменты из MinGW-w64. Данные инструменты также могут быть использованы для кросс-компиляции для 32- и 64-битной Windows в других системах, например в Linux и macOS. Cygwin не рекомендуется применять в производственной среде, его следует использовать только для запуска в старых версиях Windows, где «родная» сборка невозможна. Официальные двоичные файлы собираются с использованием Visual Studio.

«Родные» сборки psql не поддерживают редактирование командной строки. Однако сборка в Cygwin это поддерживает, так что следует выбрать её, когда необходимо интерактивно использовать psql в Windows.

17.1. Сборка с помощью Visual C++ или Microsoft Windows SDK

PostgreSQL может быть собран с помощью компилятора Visual C++ от Microsoft. Этот компилятор есть в пакетах Visual Studio, Visual Studio Express и в некоторых версиях Microsoft Windows SDK. Если у вас ещё не установлена среда Visual Studio, проще всего будет использовать компиляторы из Visual Studio 2022 или из Windows SDK 10, которые Microsoft распространяет бесплатно.

С применением инструментария Microsoft Compiler возможна и 32-, и 64-битная сборка. 32-битную сборку PostgreSQL можно произвести с использованием Visual Studio 2013 — Visual Studio 2022, а также отдельных выпусков Windows SDK версии с 8.1a по 10. Для 64-битных сборок также можно использовать Microsoft Windows SDK версии с 8.1a по 10 или Visual Studio 2013 и новее. При сборке с Visual Studio 2013 — Visual Studio 2022 поддерживаются системы, начиная с Windows 7 и Windows Server 2008 R2 SP1.

Инструменты для компиляции с помощью Visual C++ или Platform SDK находятся в каталоге `src/tools/msvc`. При сборке убедитесь, что в системном пути PATH не подключаются инструменты из набора MinGW или Cygwin. Также убедитесь, что в пути PATH указаны каталоги всех необходимых инструментов Visual C++. Если вы используете Visual Studio, запустите Visual Studio Command Prompt. Если вы хотите собрать 64-битную версию, вы должны выбрать 64-битную версию данной оболочки, и наоборот. Начиная с Visual Studio 2017, это можно сделать в командной строке, воспользовавшись скриптом `VsDevCmd.bat`. О его параметрах и их значениях по умолчанию можно узнать, запустив его с ключом `-help`. Вы можете выбрать целевую архитектуру процессора, тип сборки и целевую ОС в приглашении Visual Studio Command Prompt с помощью скрипта `vcvarsall.bat`. Например, выполнив `vcvarsall.bat x64 10.0.10240.0`, вы подготовитесь к сборке выпускаемой 64-битной версии для Windows 10. О других параметрах `vcvarsall.bat` можно узнать, запустив его с ключом `-help`. Все эти скрипты должны запускаться из каталога `src\tools\msvc`.

До начала сборки можно создать файл `config.pl` и изменить в нём желаемые параметры конфигурации или пути к сторонним библиотекам, которые будут использоваться. Для получения конфигурации сначала считывается и разбирается файл `config_default.pl`, а затем применяются все изменения из `config.pl`. Например, чтобы указать, куда установлен Python, следует добавить в `config.pl`:

```
$config->{python} = 'c:\python26';
```

Вам нужно задать только те параметры, которые отличаются от заданных в `config_default.pl`.

Если вам необходимо установить какие-либо другие переменные окружения, создайте файл с именем `buildenv.pl` и поместите в него требуемые команды. Например, чтобы добавить путь к bison, которого нет в PATH, создайте файл следующего содержания:

```
$ENV{PATH}=$ENV{PATH} . ';c:\some\where\bison\bin';
```

Передать дополнительные аргументы командной строки команде сборки Visual Studio (msbuild или vcbuild) можно так:

```
$ENV{MSBFLAGS}="/m";
```

17.1.1. Требования

Для сборки PostgreSQL требуется следующее дополнительное ПО. Укажите каталоги, в которых находятся соответствующие библиотеки, в файле конфигурации `config.pl`.

Microsoft Windows SDK

Если с вашим инструментарием для разработки не поставляется поддерживаемая версия Microsoft Windows SDK, рекомендуется установить последнюю версию SDK (в настоящее время 10), которую можно загрузить с *https://www.microsoft.com/download*.

Устанавливая SDK, вы всегда должны выбирать для установки пункт Windows Headers and Libraries (Заголовочные файлы и библиотеки Windows). Если вы установили Windows SDK, включая Visual C++ Compilers, Visual Studio для сборки вам не нужна. Обратите внимание, что с версии 8.0a в SDK для Windows не включается полное окружение для сборки в командной строке.

Strawberry Perl

Strawberry Perl требуется для запуска скриптов, управляющих сборкой. Perl из MinGW или Cygwin работать не будет. ActiveState Perl также должен находиться по пути в PATH. Готовый двоичный пакет можно загрузить с *https://www.strawberryperl.com*.

Следующее дополнительное ПО не требуется для базовой сборки, но требуется для сборки полного пакета. Укажите каталоги, в которых находятся соответствующие библиотеки, в файле конфигурации `config.pl`.

Magicsplat Tcl

Требуется для сборки PL/Tcl. Двоичные пакеты можно загрузить с *https://www.magicsplat.com/tcl-installer/index.html*.

Bison и Flex

Для компиляции из Git требуются Bison и Flex, хотя они не нужны для компиляции из дистрибутивного пакета исходного кода. Bison должен быть версии 1.875 или 2.2, либо новее, а Flex — версии 2.5.31 или новее.

И Bison, и Flex входят в комплект утилит msys, который можно загрузить с *http://www.mingw.org/wiki/MSYS* в качестве компонента набора MinGW.

Вам потребуется добавить каталог, содержащий `flex.exe` и `bison.exe`, в путь, задаваемый переменной PATH, в `buildenv.pl`, если она его ещё не включает. В случае с MinGW, это будет подкаталог `\msys\1.0\bin` в каталоге вашей инсталляции MinGW.

> **Примечание**
>
> Bison, поставляемый в составе GnuWin32, может работать некорректно, когда он установлен в каталог с именем, содержащим пробелы, например, `C:\Program Files\GnuWin32` (целевой каталог по умолчанию в англоязычной системе). В таком случае, возможно, стоит установить его в `C:\GnuWin32` или задать в переменной окружения PATH короткий путь NTFS к GnuWin32 (например, `C:\PROGRA~1\GnuWin32`).

> **Примечание**
>
> Старые программы `winflex`, которые раньше размещались на FTP-сайте PostgreSQL и упоминались в старой документации, не будут работать в 64-битной Windows, выдавая ошибку «flex: fatal internal error, exec failed». Используйте Flex из набора MSYS.

Diff

Diff требуется для запуска регрессионных тестов, его можно загрузить с *http://gnuwin32.sourceforge.net*.

Gettext

Gettext требуется для сборки с поддержкой NLS, его можно загрузить с *http://gnuwin32.sourceforge.net*. Обратите внимание, что для сборки потребуются и исполняемые файлы, и зависимости, и файлы для разработки.

MIT Kerberos

Требуется для поддержки проверки подлинности GSSAPI. MIT Kerberos можно загрузить с *https://web.mit.edu/Kerberos/dist/index.html*.

libxml2 и libxslt

Требуется для поддержки XML. Двоичный пакет можно загрузить с *https://zlatkovic.com/pub/libxml*, а исходный код с *http://xmlsoft.org*. Учтите, что для libxml2 требуется iconv, который можно загрузить там же.

OpenSSL

Требуется для поддержки SSL. Двоичные пакеты можно загрузить с *https://slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html*, а исходный код с *https://www.openssl.org*.

ossp-uuid

Требуется для поддержки UUID-OSSP (только для contrib). Исходный код можно загрузить с *http://www.ossp.org/pkg/lib/uuid/*.

Python

Требуется для сборки PL/Python. Двоичные пакеты можно загрузить с *https://www.python.org*.

zlib

Требуется для поддержки сжатия в pg_dump и pg_restore. Двоичные пакеты можно загрузить с *https://www.zlib.net*.

17.1.2. Специальные замечания для 64-битной Windows

PostgreSQL для архитектуры x64 можно собрать только в 64-битной Windows, процессоры Itanium не поддерживаются.

Совместная сборка 32- и 64-битных версий в одном дереве не поддерживается. Система сборки автоматически определит, в каком окружении (32- или 64-битном) она запущена, и соберёт соответствующий вариант PostgreSQL. Поэтому сборку важно запускать в командной оболочке, предоставляющей нужное окружение.

Для использования на стороне сервера сторонних библиотек, таких как python или OpenSSL, эти библиотеки также *должны быть* 64-битными. 64-битный сервер не поддерживает загрузку 32-битных библиотек. Некоторые библиотеки сторонних разработчиков, предназначенные для PostgreSQL, могут быть доступны только в 32-битных версиях и в таком случае их нельзя будет использовать с 64-битной версией PostgreSQL.

17.1.3. Сборка

Чтобы собрать весь PostgreSQL в конфигурации выпуска (по умолчанию), запустите команду:

`build`

Чтобы собрать весь PostgreSQL в конфигурации отладки, запустите команду:

`build DEBUG`

Для сборки отдельного проекта, например psql, выполните, соответственно:

```
build psql
build DEBUG psql
```

Чтобы сменить конфигурацию по умолчанию на отладочную, поместите в файл `buildenv.pl` следующую строку:

```
$ENV{CONFIG}="Debug";
```

Также возможна сборка из графической среды Visual Studio. В этом случае вам нужно запустить в командной строке:

`perl mkvcbuild.pl`

и затем открыть в Visual Studio полученный `pgsql.sln` в корневом каталоге дерева исходных кодов.

17.1.4. Очистка и установка

В большинстве случаев за изменением файлов будет следить автоматическая система отслеживания зависимостей в Visual Studio. Но если изменений было слишком много, может понадобиться очистка установки. Чтобы её выполнить, просто запустите команду `clean.bat`, которая автоматически очистит все сгенерированные файлы. Вы также можете запустить эту команду с параметром *`dist`*, в этом случае она отработает подобно **`make distclean`** и удалит также выходные файлы flex/bison.

По умолчанию все файлы сохраняются в подкаталогах `debug` или `release`. Чтобы установить эти файлы стандартным образом, а также сгенерировать файлы, требуемые для инициализации и использования базы данных, запустите команду:

`install c:\destination\directory`

Если вы хотите установить только клиентские приложения и интерфейсные библиотеки, выполните команду:

`install c:\destination\directory client`

17.1.5. Запуск регрессионных тестов

Чтобы запустить регрессионные тесты, важно сначала собрать все необходимые для них компоненты. Также убедитесь, что в системном пути могут быть найдены все DLL, требуемые для загрузки всех подсистем СУБД (например, DLL Perl и Python для процедурных языков). Если их каталоги в пути поиска отсутствуют, задайте их в файле `buildenv.pl`. Чтобы запустить тесты, выполните одну из следующих команд в каталоге `src\tools\msvc`:

```
vcregress check
vcregress installcheck
vcregress plcheck
vcregress contribcheck
vcregress modulescheck
vcregress ecpgcheck
vcregress isolationcheck
vcregress bincheck
vcregress recoverycheck
vcregress taptest
vcregress upgradecheck
```

Чтобы выбрать другой планировщик выполнения тестов (по умолчанию выбран параллельный), укажите его в командной строке, например:

```
vcregress check serial
```

Команду `vcregress taptest` можно использовать для запуска TAP-тестов целевого каталога, например:

```
vcregress taptest src\bin\initdb\
```

За дополнительными сведениями о регрессионных тестах обратитесь к Главе 32.

Для запуска регрессионных тестов клиентских программ с применением команды `vcregress bincheck`, тестов восстановления с применением `vcregress recoverycheck` или TAP-тестов с применением `vcregress taptest` должен быть установлен дополнительный модуль Perl:

IPC::Run

На момент написания документации модуль `IPC::Run` не включается ни в инсталляцию Perl ActiveState, ни в библиотеку ActiveState PPM (Perl Package Manager, Менеджер пакетов Perl). Чтобы установить его, загрузите архив исходного кода `IPC-Run-<version>.tar.gz` из CPAN, по адресу *https://metacpan.org/release/IPC-Run*, и распакуйте его. Откройте файл `buildenv.pl` и добавьте в него переменную PERL5LIB, указывающую на подкаталог `lib` из извлечённого архива. Например:

```
$ENV{PERL5LIB}=$ENV{PERL5LIB} . ';c:\IPC-Run-0.94\lib';
```

Некоторые TAP-тесты зависят от набора внешних команд, при наличии которых могут быть запущены связанные с этими командами тесты. Переопределить эти команды или сбросить их можно в следующих переменных в `buildenv.pl`:

`GZIP_PROGRAM`

Команда или путь для запуска программы gzip. По умолчанию — `gzip`, то есть для поиска этой команды будет использоваться `PATH`.

`TAR`

Команда или путь для запуска программы tar. По умолчанию — `tar`, то есть для поиска этой команды будет использоваться `PATH`.

Глава 18. Подготовка к работе и сопровождение сервера

В этой главе рассказывается, как установить и запустить сервер баз данных, и о том, как он взаимодействует с операционной системой.

Указания в этой главе даны в предположении, что вы работаете с PostgreSQL в чистом виде, без дополнительной инфраструктуры, например, с экземпляром, собранным из исходного кода согласно инструкциям из предыдущих глав. Если вы используете сервер PostgreSQL, распространяемый производителем в виде готового продукта, вероятнее всего, производитель специально позаботился о том, чтобы сервер баз данных устанавливался и запускался принятым в системе образом. Подробности вы можете узнать в документации используемого вами продукта.

18.1. Учётная запись пользователя PostgreSQL

Как и любую другую серверную службу, доступную для внешнего мира, PostgreSQL рекомендуется запускать под именем отдельного пользователя. Эта учётная запись должна владеть только данными, которыми управляет сервер, и разделять её с другими службами не следует. (Например, будет неразумным выбрать в качестве такого пользователя `nobody`.) В частности, рекомендуется не назначать этого пользователя владельцем исполняемых файлов PostgreSQL, чтобы их нельзя было подменить в случае компрометации серверного процесса.

При установке пакетов PostgreSQL, поставляемого в виде продукта, подходящая учётная запись обычно создаётся автоматически.

Для создания пользователя в Unix-подобной системе следует искать команду `useradd` или `adduser`. В качестве имени пользователя часто используется postgres, и именно это имя предполагается в данной документации, но вы можете выбрать и другое, если захотите.

18.2. Создание кластера баз данных

Прежде чем вы сможете работать с базами данных, вы должны проинициализировать область хранения баз данных на диске. Мы называем это хранилище *кластером баз данных*. (В SQL применяется термин «кластер каталога».) Кластер баз данных представляет собой набор баз, управляемых одним экземпляром работающего сервера. После инициализации кластер будет содержать базу данных с именем `postgres`, предназначенную для использования по умолчанию утилитами, пользователями и сторонними приложениями. Сам сервер баз данных не требует наличия базы `postgres`, но многие внешние вспомогательные программы рассчитывают на её существование. При инициализации в каждом кластере создаётся ещё одна база, с именем `template1`. Как можно понять из имени, она применяется впоследствии в качестве шаблона создаваемых баз данных; использовать её в качестве рабочей не следует. (За информацией о создании новых баз данных в кластере обратитесь к Главе 22.)

С точки зрения файловой системы кластер баз данных представляет собой один каталог, в котором будут храниться все данные. Мы называем его *каталогом данных* или *областью данных*. Где именно хранить данные, вы абсолютно свободно можете выбирать сами. Какого-либо стандартного пути не существует, но часто данные размещаются в `/usr/local/pgsql/data` или в `/var/lib/pgsql/data`. Прежде чем с каталогом данных можно будет работать, его нужно инициализировать, используя программу initdb, которая устанавливается в составе PostgreSQL.

Если вы используете PostgreSQL в виде готового продукта, в нём могут быть приняты определённые соглашения о расположении каталога данных, и может также предоставляться скрипт для создания этого каталога данных. В этом случае следует воспользоваться этим скриптом, а не запускать непосредственно `initdb`. За подробностями обратитесь к документации используемого вами продукта.

Чтобы инициализировать кластер баз данных вручную, запустите `initdb`, передав в параметре `-D` путь к желаемому расположению данных кластера в файловой системе, например:

```
$ initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

Заметьте, что эту команду нужно выполнять от имени пользователя PostgreSQL, о котором говорится в предыдущем разделе.

> **Подсказка**
>
> В качестве альтернативы параметра `-D` можно установить переменную окружения `PGDATA`.

Также можно запустить команду `initdb`, воспользовавшись программой pg_ctl , примерно так:

```
$ pg_ctl -D /usr/local/pgsql/data initdb
```

Этот вариант может быть удобнее, если вы используете `pg_ctl` для запуска и остановки сервера (см. Раздел 18.3), так как `pg_ctl` будет единственной командой, с помощью которой вы будете управлять экземпляром сервера баз данных.

Команда `initdb` попытается создать указанный вами каталог, если он не существует. Конечно, она не сможет это сделать, если `initdb` не будет разрешено записывать в родительский каталог. Вообще рекомендуется, чтобы пользователь PostgreSQL был владельцем не только каталога данных, но и родительского каталога, так что такой проблемы быть не должно. Если же и нужный родительский каталог не существует, вам нужно будет сначала создать его, используя права root, если вышестоящий каталог защищён от записи. Таким образом, процедура может быть такой:

```
root# mkdir /usr/local/pgsql
root# chown postgres /usr/local/pgsql
root# su postgres
postgres$ initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

Команда `initdb` не будет работать, если указанный каталог данных уже существует и содержит файлы; это мера предохранения от случайной перезаписи существующей инсталляции.

Так как каталог данных содержит все данные базы, очень важно защитить его от неавторизованного доступа. Для этого `initdb` лишает прав доступа к нему всех пользователей, кроме пользователя PostgreSQL и, возможно, его группы. Если группе разрешается доступ, то только для чтения. Это позволяет непривилегированному пользователю, входящему в одну группу с владельцем кластера, делать резервные копии данных кластера или выполнять другие операции, для которых достаточно доступа только для чтения.

Заметьте, чтобы корректно разрешить или запретить доступ группы к данным существующего кластера, необходимо выключить кластер и установить соответствующий режим для всех каталогов и файлов до запуска PostgreSQL. В противном случае в каталоге данных возможно смешение режимов. Для кластеров, к которым имеет доступ только владелец, требуется установить режим `0700` для каталогов и `0600` для файлов, а для кластеров, в которых также разрешается чтение группой, режим `0750` для каталогов и `0640` для файлов.

Однако даже когда содержимое каталога защищено, если проверка подлинности клиентов настроена по умолчанию, любой локальный пользователь может подключиться к базе данных и даже стать суперпользователем. Если вы не доверяете другим локальным пользователям, мы рекомендуем использовать один из параметров команды `initdb`: `-W`, `--pwprompt` или `--pwfile` и назначить пароль суперпользователя баз данных. Кроме того, воспользуйтесь параметром `-A md5` или `-A password` и отключите разрешённый по умолчанию режим аутентификации `trust`; либо измените сгенерированный файл `pg_hba.conf` после выполнения `initdb`, но *перед* тем, как запустить сервер в первый раз. (Возможны и другие разумные подходы — применить режим проверки подлинности `peer` или ограничить подключения на уровне файловой системы. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 20.)

Команда `initdb` также устанавливает для кластера баз данных локаль по умолчанию. Обычно она просто берёт параметры локали из текущего окружения и применяет их к инициализируемой базе данных. Однако можно выбрать и другую локаль для базы данных; за дополнительной информацией обратитесь к Разделу 23.1. Команда initdb задаёт порядок сортировки по умолчанию для применения в определённом кластере баз данных, и хотя новые базы данных могут создаваться с иным порядком сортировки, порядок в базах-шаблонах, создаваемых initdb, можно изменить, только если удалить и пересоздать их. Также учтите, что при использовании локалей, отличных от C и POSIX, возможно снижение производительности. Поэтому важно правильно выбрать локаль с самого начала.

Команда initdb также задаёт кодировку символов по умолчанию для кластера баз данных. Обычно она должна соответствовать кодировке локали. За подробностями обратитесь к Разделу 23.3.

Для локалей, отличных от C и POSIX, порядок сортировки символов зависит от системной библиотеки локализации, а он, в свою очередь, влияет на порядок ключей в индексах. Поэтому кластер нельзя перевести на несовместимую версию библиотеки ни путём восстановления снимка, ни через двоичную репликацию, ни перейдя на другую операционную систему или обновив её версию.

18.2.1. Использование дополнительных файловых систем

Во многих инсталляциях кластеры баз данных создаются не в «корневом» томе, а в отдельных файловых системах (томах). Если вы решите сделать так же, то не следует выбирать в качестве каталога данных самый верхний каталог дополнительного тома (точку монтирования). Лучше всего создать внутри каталога точки монтирования каталог, принадлежащий пользователю PostgreSQL, а затем создать внутри него каталог данных. Это исключит проблемы с разрешениями, особенно для таких операций, как pg_upgrade, и при этом гарантирует чистое поведение в случае, если дополнительный том окажется отключён.

18.2.2. Файловые системы

Вообще говоря, для PostgreSQL может использоваться любая файловая система с семантикой POSIX. Пользователи предпочитают различные файловые системы по самым разным причинам, в частности, по соображениям производительности, изученности или поддержки поставщиком. Как показывает практика, в результате лишь смены файловой системы или корректировки её параметров при прочих равных не следует ожидать значительного изменения производительности или поведения.

18.2.2.1. NFS

Каталог данных PostgreSQL может размещаться и в файловой системе NFS. PostgreSQL не подстраивается специально под NFS, что означает, что с NFS он работает точно так же, как и с локально подключёнными устройствами. PostgreSQL не использует такую функциональность файловых систем, которая имеет свои особенности в NFS, например блокировки файлов.

Единственное убедительное требование — используя NFS с PostgreSQL, монтируйте эту файловую систему в режиме hard. При использовании режима hard процессы могут «зависать» на неопределённое время в случае сетевых проблем, поэтому могут потребоваться особые меры контроля. В режиме soft системные вызовы будут прерываться в случаях перебоев в сети, но PostgreSQL не повторяет вызовы, прерванные таким образом, и это будет проявляться в ошибках ввода/вывода.

Использовать параметр монтирования sync не обязательно. Поведения режима async достаточно, так как PostgreSQL вызывает fsync в нужные моменты для сброса кеша записи (так же, как и с локальной файловой системой). Однако параметр sync настоятельно рекомендуется использовать при экспортировании файловой системы на *сервере* NFS в тех ОС, где он поддерживается (в основном это касается Linux). В противном случае не гарантируется, что в результате выполнения fsync или аналогичного вызова NFS-клиентом данные действительно окажутся в надёжном хранилище на сервере, вследствие чего возможно повреждение данных, как и при выключенном параметре fsync. Значения по умолчанию параметров монтирования и экспортирования меняются от производителя к производителю и от версии к версии, поэтому рекомендуется перепроверить их или, возможно, явно задать нужные значения во избежание неоднозначности.

В некоторых случаях внешнее устройство хранение может быть подключено по NFS или посредством низкоуровневого протокола, например iSCSI. В последнем случае такое хранилище представляется в виде блочного устройства, и на нём можно создать любую файловую систему. При этом администратору не придётся иметь дело со странностями NFS, но надо понимать, что сложности управления удалённым хранилищем в таком случае просто перемещаются на другие уровни.

18.3. Запуск сервера баз данных

Чтобы кто-либо смог обратиться к базе данных, необходимо сначала запустить сервер баз данных. Программа сервера называется `postgres`.

Если вы используете PostgreSQL в виде готового продукта, в нём наверняка реализована возможность запуска сервера в виде фонового задания так, как это принято в вашей операционной системе. Использовать предоставленную продуктом инфраструктуру для запуска сервера гораздо проще, чем пытаться разобраться, как это сделать самостоятельно. За подробностями обратитесь к документации используемого вами продукта.

Самый прямолинейный вариант запуска сервера вручную — просто выполнить непосредственно `postgres`, указав расположение каталога данных в ключе `-D`, например:

```
$ postgres -D /usr/local/pgsql/data
```

В результате сервер продолжит работу на переднем плане. Запускать эту команду следует под именем учётной записи PostgreSQL. Без параметра `-D` сервер попытается использовать каталог данных, указанный в переменной окружения `PGDATA`. Если и эта переменная не определена, сервер не запустится.

Однако обычно лучше запускать `postgres` в фоновом режиме. Для этого можно применить обычный синтаксис, принятый в оболочке Unix:

```
$ postgres -D /usr/local/pgsql/data >logfile 2>&1 &
```

Важно где-либо сохранять информацию, которую выводит сервер в каналы stdout и stderr, как показано выше. Это полезно и для целей аудита, и для диагностики проблем. (Более глубоко работа с файлами журналов рассматривается в Разделе 24.3.)

Программа `postgres` также принимает несколько других параметров командной строки. За дополнительными сведениями обратитесь к справочной странице postgres и к следующей Главе 19.

Такой вариант запуска довольно быстро может оказаться неудобным. Поэтому для упрощения подобных задач предлагается вспомогательная программа pg_ctl. Например:

```
pg_ctl start -l logfile
```

запустит сервер в фоновом режиме и направит выводимые сообщения сервера в указанный файл журнала. Параметр `-D` для неё имеет то же значение, что и для программы `postgres`. С помощью `pg_ctl` также можно остановить сервер.

Обычно возникает желание, чтобы сервер баз данных сам запускался при загрузке операционной системы. Скрипты автозапуска для разных систем разные, но в составе PostgreSQL предлагается несколько типовых скриптов в каталоге `contrib/start-scripts`. Для установки такого скрипта в систему требуются права root.

В различных системах приняты разные соглашения о порядке запуска служб в процессе загрузки. Во многих системах для этого используется файл `/etc/rc.local` или `/etc/rc.d/rc.local`. В других применяются каталоги `init.d` или `rc.d`. Однако при любом варианте запускаться сервер должен от имени пользователя PostgreSQL, но *не root* или какого-либо другого пользователя. Поэтому команду запуска обычно следует записывать в форме `su postgres -c '...'`. Например:

```
su postgres -c 'pg_ctl start -D /usr/local/pgsql/data -l serverlog'
```

Ниже приведены более конкретные предложения для нескольких основных ОС. (Вместо указанных нами шаблонных значений необходимо подставить правильный путь к каталогу данных и фактическое имя пользователя.)

- Для запуска во FreeBSD воспользуйтесь файлом `contrib/start-scripts/freebsd` в дереве исходного кода PostgreSQL.
- В OpenBSD, добавьте в файл `/etc/rc.local` следующие строки:

```
if [ -x /usr/local/pgsql/bin/pg_ctl -a -x /usr/local/pgsql/bin/postgres ]; then
    su -l postgres -c '/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -s -l /var/postgresql/log -
D /usr/local/pgsql/data'
    echo -n ' postgresql'
fi
```

- В системах Linux вы можете либо добавить

  ```
  /usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -D /usr/local/pgsql/data
  ```

  в `/etc/rc.d/rc.local` или в `/etc/rc.local`, либо воспользоваться файлом `contrib/start-scripts/linux` в дереве исходного кода PostgreSQL.

  Используя systemd, вы можете применить следующий файл описания службы (например, `/etc/systemd/system/postgresql.service`):

  ```
  [Unit]
  Description=PostgreSQL database server
  Documentation=man:postgres(1)
  After=network-online.target
  Wants=network-online.target

  [Service]
  Type=notify
  User=postgres
  ExecStart=/usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data
  ExecReload=/bin/kill -HUP $MAINPID
  KillMode=mixed
  KillSignal=SIGINT
  TimeoutSec=infinity

  [Install]
  WantedBy=multi-user.target
  ```

  Для использования `Type=notify` требуется, чтобы сервер был скомпилирован с указанием `configure --with-systemd`.

  Особого внимания заслуживает значение тайм-аута. На момент написания этой документации по умолчанию в systemd принят тайм-аут 90 секунд, так что процесс, не сообщивший о своей готовности за это время, будет уничтожен. Но серверу PostgreSQL при запуске может потребоваться выполнить восстановление после сбоя, так что переход в состояние готовности может занять гораздо больше времени. Предлагаемое значение `infinity` отключает логику тайм-аута.

- В NetBSD можно использовать скрипт запуска для FreeBSD или для Linux, в зависимости от предпочтений.
- В Solaris, создайте файл с именем `/etc/init.d/postgresql`, содержащий следующую стоку:

  ```
  su - postgres -c "/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -D /usr/local/pgsql/
  data"
  ```

  Затем создайте символическую ссылку на него в каталоге `/etc/rc3.d` с именем `S99postgresql`.

Когда сервер работает, идентификатор его процесса (PID) сохраняется в файле `postmaster.pid` в каталоге данных. Это позволяет исключить запуск нескольких экземпляров сервера с одним каталогом данных, а также может быть полезно для выключения сервера.

18.3.1. Сбои при запуске сервера

Есть несколько распространённых причин, по которым сервер может не запуститься. Чтобы понять, чем вызван сбой, просмотрите файл журнала сервера или запустите сервер вручную (не перенаправляя его потоки стандартного вывода и ошибок) и проанализируйте выводимые сообщения. Ниже мы рассмотрим некоторые из наиболее частых сообщений об ошибках более подробно.

```
LOG:  could not bind IPv4 address "127.0.0.1": Address already in use
HINT:  Is another postmaster already running on port 5432? If not, wait a few seconds
 and retry.
FATAL:  could not create any TCP/IP sockets
```

Это обычно означает именно то, что написано: вы пытаетесь запустить сервер на том же порту, на котором уже работает другой. Однако если сообщение ядра не `Address already in use` или подобное, возможна и другая проблема. Например, при попытке запустить сервер с номером зарезервированного порта будут выданы такие сообщения:

```
$ postgres -p 666
LOG:  could not bind IPv4 address "127.0.0.1": Permission denied
HINT:  Is another postmaster already running on port 666? If not, wait a few seconds
 and retry.
FATAL:  could not create any TCP/IP sockets
```

Следующее сообщение:

```
FATAL:  could not create shared memory segment: Invalid argument
DETAIL:  Failed system call was shmget(key=5440001, size=4011376640, 03600).
```

может означать, что установленный для вашего ядра предельный размер разделяемой памяти слишком мал для рабочей области, которую пытается создать PostgreSQL (в данном примере 4011376640 байт). Такая ситуация возможна, только если в `shared_memory_type` выбран вариант `sysv`. В этом случае можно попытаться запустить сервер с меньшим числом буферов (shared_buffers) или переконфигурировать ядро и увеличить допустимый размер разделяемой памяти. Вы также можете увидеть это сообщение при попытке запустить несколько серверов на одном компьютере, если запрошенный ими объём памяти в сумме превышает установленный в ядре предел.

Сообщение:

```
FATAL:  could not create semaphores: No space left on device
DETAIL:  Failed system call was semget(5440126, 17, 03600).
```

не означает, что у вас закончилось место на диске. Это значит, что установленное в вашем ядре предельное число семафоров System V меньше, чем количество семафоров, которое пытается создать PostgreSQL. Как и в предыдущем случае можно попытаться обойти эту проблему, запустив сервер с меньшим числом допустимых подключений (max_connections), но в конце концов вам придётся увеличить этот предел в ядре.

Настройка средств IPC в стиле System V описывается в Подразделе 18.4.1.

18.3.2. Проблемы с подключениями клиентов

Хотя ошибки подключений, возможные на стороне клиента, довольно разнообразны и зависят от приложений, всё же несколько проблем могут быть связаны непосредственно с тем, как был запущен сервер. Описание ошибок, отличных от описанных ниже, следует искать в документации соответствующего клиентского приложения.

```
psql: could not connect to server: Connection refused
        Is the server running on host "server.joe.com" and accepting
        TCP/IP connections on port 5432?
```

Это общая проблема «я не могу найти сервер и начать взаимодействие с ним». Показанное выше сообщение говорит о попытке установить подключение по TCP/IP. Очень часто объясняется это тем, что сервер просто забыли настроить для работы по протоколу TCP/IP.

Кроме того, при попытке установить подключение к локальному серверу через Unix-сокет можно получить такое сообщение:

```
psql: could not connect to server: No such file or directory
        Is the server running locally and accepting
        connections on Unix domain socket "/tmp/.s.PGSQL.5432"?
```

Путь в последней строке помогает понять, к правильному ли адресу пытается подключиться клиент. Если сервер на самом деле не принимает подключения по этому адресу, обычно выдаётся сообщение ядра `Connection refused` (В соединении отказано) или `No such file or directory` (Нет такого файла или каталога), приведённое выше. (Важно понимать, что `Connection refused` в данном контексте *не* означает, что сервер получил запрос на подключение и отверг его. В этом случае были бы выданы другие сообщения, например, показанные в Разделе 20.15.) Другие сообщения об ошибках, например `Connection timed out` (Тайм-аут соединения) могут сигнализировать о более фундаментальных проблемах, например, о нарушениях сетевых соединений.

18.4. Управление ресурсами ядра

PostgreSQL иногда может исчерпывать некоторые ресурсы операционной системы до предела, особенно при запуске нескольких копий сервера в одной системе или при работе с очень большими базами. В этом разделе описываются ресурсы ядра, которые использует PostgreSQL, и подходы к решению проблем, связанных с ограниченностью этих ресурсов.

18.4.1. Разделяемая память и семафоры

PostgreSQL требует, чтобы операционная система предоставляла средства межпроцессного взаимодействия (IPC), в частности, разделяемую память и семафоры. Системы семейства Unix обычно предоставляют функции IPC в стиле «System V» или функции IPC в стиле «POSIX» или и те, и другие. В Windows эти механизмы реализованы по-другому, но здесь это не рассматривается.

По умолчанию PostgreSQL запрашивает очень небольшой объём разделяемой памяти System V и намного больший объём анонимной разделяемой памяти `mmap`. Возможен также вариант использования одной большой области памяти System V (см. shared_memory_type). Помимо этого при запуске сервера создаётся значительное количество семафоров (в стиле System V или POSIX). В настоящее время семафоры POSIX используются в системах Linux и FreeBSD, а на других платформах используются семафоры System V.

Функции IPC в стиле System V обычно сталкиваются с лимитами на уровне системы. Когда PostgreSQL превышает один из этих лимитов, сервер отказывается запускаться, но должен выдать полезное сообщение, говорящее об ошибке и о том, что с ней делать. (См. также Подраздел 18.3.1.) Соответствующие параметры ядра в разных системах называются аналогично (они перечислены в Таблице 18.1), но устанавливаются по-разному. Ниже предлагаются способы их изменения для некоторых систем.

Таблица 18.1. Параметры IPC в стиле System V

Имя	Описание	Значения, необходимые для запуска одного экземпляра PostgreSQL
`SHMMAX`	Максимальный размер сегмента разделяемой памяти (в байтах)	как минимум 1 КБ, но значение по умолчанию обычно гораздо больше
`SHMMIN`	Минимальный размер сегмента разделяемой памяти (в байтах)	1
`SHMALL`	Общий объём доступной разделяемой памяти (в байтах или страницах)	если в байтах, то же, что и `SHMMAX`; если в страницах, то `ceil(SHMMAX/PAGE_SIZE)` , плюс потребность других приложений
`SHMSEG`	Максимальное число сегментов разделяемой памяти для процесса	требуется только 1 сегмент, но значение по умолчанию гораздо больше
`SHMMNI`	Максимальное число сегментов разделяемой памяти для всей системы	как `SHMSEG` плюс потребность других приложений

Имя	Описание	Значения, необходимые для запуска одного экземпляра PostgreSQL
SEMMNI	Максимальное число идентификаторов семафоров (т. е., их наборов)	как минимум ceil((max_connections + autovacuum_max_workers + max_wal_senders + max_worker_processes + 5) / 16) плюс потребность других приложений
SEMMNS	Максимальное число семафоров для всей системы	ceil((max_connections + autovacuum_max_workers + max_wal_senders + max_worker_processes + 5) / 16) * 17 плюс потребность других приложений
SEMMSL	Максимальное число семафоров в наборе	не меньше 17
SEMMAP	Число записей в карте семафоров	см. текст
SEMVMX	Максимальное значение семафора	не меньше 1000 (по умолчанию оно обычно равно 32767; без необходимости менять его не следует)

PostgreSQL запрашивает небольшой блок разделяемой памяти System V (обычно 48 байт на 64-битной платформе) для каждой копии сервера. В большинстве современных операционных систем такой объём выделяется без проблем. Однако если запускать много копий сервера или явно настроить сервер для использования больших объёмов разделяемой памяти System V (см. shared_memory_type и dynamic_shared_memory_type), может понадобиться увеличить значение SHMALL, задающее общий объём разделяемой памяти System V, доступный для всей системы. Заметьте, что SHMALL во многих системах задаётся в страницах, а не в байтах.

Менее вероятны проблемы с минимальным размером сегментов разделяемой памяти (SHMMIN), который для PostgreSQL не должен превышать примерно 32 байт (обычно это всего 1 байт). Максимальное число сегментов для всей системы (SHMMNI) или для одного процесса (SHMSEG) тоже обычно не влияет на работоспособность сервера, если только это число не равно нулю.

Когда PostgreSQL использует семафоры System V, он занимает по одному семафору на одно разрешённое подключение (max_connections), на разрешённый рабочий процесс автоочистки (autovacuum_max_workers), разрешённый процесс-передатчик WAL (max_wal_senders и фоновый процесс (max_worker_processes), в наборах по 16. В каждом таком наборе есть также 17-й семафор, содержащий «магическое число», позволяющий обнаруживать коллизии с наборами семафоров других приложений. Максимальное число семафоров в системе задаётся параметром SEMMNS, который, следовательно, должен быть равен как минимум сумме max_connections, autovacuum_max_workers, max_wal_senders и max_worker_processes, плюс один дополнительный на каждые 16 семафоров подключений и рабочих процессов (см. формулу в Таблице 18.1). Параметр SEMMNI определяет максимальное число наборов семафоров, которые могут существовать в системе в один момент времени. Таким образом, его значение должно быть не меньше чем ceil((max_connections + autovacuum_max_workers + max_wal_senders + max_worker_processes + 6) / 16). В качестве временного решения проблем, которые вызываются этими ограничениями, но обычно сопровождаются некорректными сообщениями функции semget, например, «No space left on device» (На устройстве не осталось места) можно уменьшить число разрешённых соединений.

В некоторых случаях может потребоваться увеличить SEMMAP как минимум до уровня SEMMNS. Если в системе есть такой параметр (а во многих системах его нет), он определяет размер карты ресурсов семафоров, в которой выделяется запись для каждого непрерывного блока семафоров. Когда набор семафоров освобождается, эта запись либо добавляется к существующей соседней записи, либо регистрируется как новая запись в карте. Если карта переполняется, освобождаемые семафоры теряются (до перезагрузки). Таким образом, фрагментация пространства семафоров может со временем привести к уменьшению числа доступных семафоров.

Другие параметры, связанные с «аннулированием операций» с семафорами, например, `SEMMNU` и `SEMUME`, на работу PostgreSQL не влияют.

При использовании семафоров POSIX требуемое их количество не отличается от количества для System V, то есть по одному семафору на разрешённое подключение (max_connections), на разрешённый рабочий процесс автоочистки (autovacuum_max_workers), разрешённый процесс-передатчик WAL (max_wal_senders) и фоновый процесс (max_worker_processes). На платформах, где предпочитается этот вариант, отсутствует определённый лимит ядра на количество семафоров POSIX.

AIX

Для таких параметров, как `SHMMAX`, никакая дополнительная настройка не должна требоваться, так как система, похоже, позволяет использовать всю память в качестве разделяемой. Подобная конфигурация используется обычно и для других баз данных, например, для DB/2.

Однако может понадобиться изменить глобальные параметры `ulimit` в `/etc/security/limits`, так как стандартные жёсткие ограничения на размер (`fsize`) и количество файлов (`nofiles`) могут быть недостаточно большими.

FreeBSD

Параметры разделяемой памяти по умолчанию вполне приемлемы, если вы не выберете в `shared_memory_type` вариант `sysv`. Семафоры System V на этой платформе не используются.

Значения параметров IPC по умолчанию можно изменить, используя возможности `sysctl` или `loader`. С помощью `sysctl` можно задать следующие параметры:

```
# sysctl kern.ipc.shmall=32768
# sysctl kern.ipc.shmmax=134217728
```

Чтобы эти изменения сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Если вы выбрали в `shared_memory_type` вариант `sysv`, возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память System V всегда находилась в ОЗУ и никогда не выгружалась в пространство подкачки. Это можно сделать, установив с помощью `sysctl` параметр `kern.ipc.shm_use_phys`.

Если вы запускаете сервер в «камере» FreeBSD, установите для параметра `sysvshm` значение `new`, чтобы у сервера было собственное отдельное пространство имён разделяемой памяти System V. (До версии 11.0 во FreeBSD требовалось разрешать общий доступ из камер к пространству имён IPC ведущего узла и принимать меры для недопущения конфликтов.)

NetBSD

Параметры разделяемой памяти по умолчанию вполне приемлемы, если вы не выберете в `shared_memory_type` вариант `sysv`. Обычно имеет смысл увеличить `kern.ipc.semmni` и `kern.ipc.semmns`, так как их значения по умолчанию в NetBSD слишком малы.

Параметры IPC можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`, например:

```
$ sysctl -w kern.ipc.semmni=100
```

Чтобы эти параметры сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Если вы выбрали в `shared_memory_type` вариант `sysv`, возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память System V всегда находилась в ОЗУ и никогда не выгружалась в пространство подкачки. Это можно сделать, установив с помощью `sysctl` параметр `kern.ipc.shm_use_phys`.

OpenBSD

Параметры разделяемой памяти по умолчанию вполне приемлемы, если вы не выберете в `shared_memory_type` вариант `sysv` Обычно имеет смысл увеличить `kern.seminfo.semmni` и `kern.seminfo.semmns`, так как их значения по умолчанию в OpenBSD слишком малы.

Параметры IPC можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`, например:

```
$ sysctl kern.seminfo.semmni=100
```

Чтобы эти параметры сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

HP-UX

Значения по умолчанию как правило вполне удовлетворяют обычным потребностям.

Параметры IPC можно установить в менеджере системного администрирования (System Administration Manager, SAM) в разделе Kernel Configuration (Настройка ядра) → Configurable Parameters (Настраиваемые параметры). Установив нужные параметры, выполните операцию Create A New Kernel (Создать ядро).

Linux

Параметры разделяемой памяти по умолчанию вполне приемлемы, если вы не выберете в `shared_memory_type` вариант `sysv`. И даже в этом случае их потребуется увеличить только для старых ядер, в которых эти параметры по умолчанию имеют маленькие значения. Семафоры System V на этой платформе не используются.

Параметры разделяемой памяти можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`. Например, так можно выделить 16 ГБ:

```
$ sysctl -w kernel.shmmax=17179869184
$ sysctl -w kernel.shmall=4194304
```

Чтобы сохранить эти изменения после перезагрузки, воспользуйтесь файлом `/etc/sysctl.conf`.

macOS

Параметры разделяемой памяти и семафоров по умолчанию вполне приемлемы, если вы не выберете в `shared_memory_type` вариант `sysv`.

Для настройки разделяемой памяти в macOS рекомендуется создать файл `/etc/sysctl.conf` и записать в него присваивания переменных следующим образом:

```
kern.sysv.shmmax=4194304
kern.sysv.shmmin=1
kern.sysv.shmmni=32
kern.sysv.shmseg=8
kern.sysv.shmall=1024
```

Заметьте, что в некоторых версиях macOS, *все пять* параметров разделяемой памяти должны быть установлены в `/etc/sysctl.conf`, иначе их значения будут проигнорированы.

Значение `SHMMAX` должно быть кратно 4096.

`SHMALL` на этой платформе измеряется в страницах (по 4 КБ).

Все параметры, кроме `SHMMNI` можно изменить «на лету», воспользовавшись командой sysctl. Но тем не менее лучше задавать выбранные вами значения в `/etc/sysctl.conf`, чтобы они сохранялись после перезагрузки.

Solaris
illumos

Параметры разделяемой памяти по умолчанию вполне приемлемы для большинства применений PostgreSQL. По умолчанию Solaris устанавливает в `SHMMAX` четверть объёма ОЗУ. Чтобы выбрать другое значение, задайте соответствующий параметр проекта, связанного с пользователем `postgres`. Например, выполните от имени `root` такую команду:

```
projadd -c "PostgreSQL DB User" -K "project.max-shm-memory=(privileged,8GB,deny)" -U
 postgres -G postgres user.postgres
```

Эта команда создаёт проект `user.postgres` и устанавливает максимальный объём разделяемой памяти для пользователя `postgres` равным 8 ГБ. Это изменение вступает в силу при следующем входе этого пользователя или при перезапуске PostgreSQL (не перезагрузке конфигурации). При этом подразумевается, что PostgreSQL выполняется пользователем `postgres` в группе `postgres`. Перезагружать систему после этой команды не нужно.

Для серверов баз данных, рассчитанных на большое количество подключений, рекомендуется также изменить следующие параметры:

```
project.max-shm-ids=(priv,32768,deny)
project.max-sem-ids=(priv,4096,deny)
project.max-msg-ids=(priv,4096,deny)
```

Кроме того, если PostgreSQL у вас выполняется внутри зоны, может понадобиться также увеличить лимиты на использование ресурсов зоны. Получить дополнительную информацию о `проектах` и команде `prctl` можно в *Руководстве системного администратора* (System Administrator's Guide), «Главе 2: Проекты и задачи» (Chapter2: Projects and Tasks).

18.4.2. RemoveIPC в systemd

Если используется systemd, необходимо позаботиться о том, чтобы ресурсы IPC (включая разделяемую память) не освобождались преждевременно операционной системой. Это особенно актуально при сборке и установке PostgreSQL из исходного кода. Пользователей дистрибутивных пакетов PostgreSQL это касается в меньшей степени, так как пользователь `postgres` обычно создаётся как системный пользователь.

Параметр `RemoveIPC` в `logind.conf` определяет, должны ли объекты IPC удаляться при полном выходе пользователя из системы. На системных пользователей это не распространяется. Этот параметр по умолчанию включён в стандартной сборке systemd, но в некоторых дистрибутивах операционных систем он по умолчанию отключён.

Обычно негативный эффект включения этого параметра проявляется в том, что объекты разделяемой памяти, используемые для параллельного выполнения запросов, удаляются без видимых причин, что приводит к появлению ошибок и предупреждений при попытке открыть и удалить их, например:

```
WARNING:  could not remove shared memory segment "/PostgreSQL.1450751626": No such file
 or directory
```

(ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: ошибка при удалении сегмента разделяемой памяти "/PostgreSQL.1450751626": Нет такого файла или каталога) Различные типы объектов IPC (разделяемая память/семафоры, System V/POSIX) обрабатываются в systemd несколько по-разному, поэтому могут наблюдаться ситуации, когда некоторые ресурсы IPC не удаляются так, как другие. Однако полагаться на эти тонкие различия не рекомендуется.

Событие «выхода пользователя из системы» может произойти при выполнении задачи обслуживания или если администратор войдёт под именем `postgres`, а затем выйдет, либо случится что-то подобное, так что предотвратить это довольно сложно.

Какой пользователь является «системным», определяется во время компиляции systemd, исходя из значения `SYS_UID_MAX` в `/etc/login.defs`.

Скрипт упаковывания и развёртывания сервера должен предусмотрительно создавать пользователя `postgres` как системного пользователя, используя команды `useradd -r`, `adduser --system` или равнозначные.

Если же учётная запись пользователя была создана некорректно и изменить её невозможно, рекомендуется задать

```
RemoveIPC=no
```

в `/etc/systemd/logind.conf` или другом подходящем файле конфигурации.

> **Внимание**
>
> Необходимо предпринять минимум одно из этих двух действий, иначе сервер PostgreSQL будет очень нестабильным.

18.4.3. Ограничения ресурсов

В Unix-подобных операционных системах существуют различные типы ограничений ресурсов, которые могут влиять на работу сервера PostgreSQL. Особенно важны ограничения на число процессов для пользователя, число открытых файлов и объём памяти для каждого процесса. Каждое из этих ограничений имеет «жёсткий» и «мягкий» предел. Мягкий предел действительно ограничивает использование ресурса, но пользователь может увеличить его значение до жёсткого предела. Изменить жёсткий предел может только пользователь root. За изменение этих параметров отвечает системный вызов `setrlimit`. Управлять этими ресурсами в командной строке позволяет встроенная команда `ulimit` (в оболочках Bourne) и `limit` (csh). В системах семейства BSD различными ограничениями ресурсов, устанавливаемыми при входе пользователя, управляет файл `/etc/login.conf`. За подробностями обратитесь к документации операционной системы. Для PostgreSQL интерес представляют параметры `maxproc`, `openfiles` и `datasize`. Они могут задаваться, например так:

```
default:\
...
        :datasize-cur=256M:\
        :maxproc-cur=256:\
        :openfiles-cur=256:\
...
```

(Здесь `-cur` обозначает мягкий предел. Чтобы задать жёсткий предел, нужно заменить это окончание на `-max`.)

Ядро также может устанавливать общесистемные ограничения на использование некоторых ресурсов.

- В Linux максимальное число открытых файлов, которое поддерживает ядро, определяется параметром ядра `fs.file-max`. Изменить этот предел можно, воспользовавшись командой `sysctl -w fs.file-max=N`. Чтобы эти изменения сохранялись после перезагрузки, следует добавить присваивание в файл `/etc/sysctl.conf`. Максимальное число файлов для одного процесса задаётся при компиляции ядра; за дополнительными сведения обратитесь к `/usr/src/linux/Documentation/proc.txt`.

Сервер PostgreSQL использует для обслуживания каждого подключения отдельный процесс, так что возможное число процессов должно быть не меньше числа разрешённых соединений плюс число процессов, требуемых для остальной системы. Это обычно не проблема, но когда в одной системе работает множество серверов, предел может быть достигнут.

В качестве максимального числа открытых файлов по умолчанию обычно выбираются «социально-ориентированные» значения, позволяющие использовать одну систему нескольким пользователям так, чтобы ни один из них не потреблял слишком много системных ресурсов. Если вы запускаете в системе несколько серверов, это должно вполне устраивать, но на выделенных машинах может возникнуть желание увеличить этот предел.

С другой стороны, некоторые системы позволяют отдельным процессам открывать очень много файлов и если это делают сразу несколько процессов, они могут легко исчерпать общесистемный предел. Если вы столкнётесь с такой ситуацией, но не захотите менять общесистемное ограничение, вы можете ограничить использование открытых файлов сервером PostgreSQL, установив параметр конфигурации max_files_per_process.

Ещё одно ограничение в ядре, с которым можно столкнуться, когда устанавливается большое количество клиентских подключений, — максимальная длина очереди подключений к сокету. Если количество запросов на подключение за короткий промежуток времени превышает этот максимум, некоторые из них будут отклонены до того, как главный процесс сможет их обработать, при этом клиенты получат неинформативное сообщение об ошибке подключения типа «Resource temporarily unavailable» (Ресурс временно недоступен) или «Connection refused» (Не удалось подключиться). Предел длины очереди на многих платформах по умолчанию составляет 128. Чтобы увеличить его, настройте соответствующий параметр ядра через sysctl и перезапустите главный процесс. Этот параметр называется `net.core.somaxconn` в Linux, `kern.ipc.soacceptqueue` в последних версиях FreeBSD и `kern.ipc.somaxconn` в macOS и на других платформах BSD.

18.4.4. Чрезмерное выделение памяти в Linux

В Linux механизм виртуальной памяти по умолчанию работает не оптимально для PostgreSQL. Вследствие того, что ядро выделяет память в чрезмерном объёме, оно может уничтожить главный управляющий процесс PostgreSQL (postmaster), если при выделении памяти процессу PostgreSQL или другому процессу виртуальная память будет исчерпана.

Когда это происходит, вы можете получить примерно такое сообщение ядра (где именно искать это сообщение, можно узнать в документации вашей системы):

```
Out of Memory: Killed process 12345 (postgres).
```

Это сообщение говорит о том, что процесс `postgres` был уничтожен из-за нехватки памяти. Хотя существующие подключения к базе данных будут работать по-прежнему, новые подключения приниматься не будут. Чтобы восстановить работу сервера, PostgreSQL придётся перезапустить.

Один из способов обойти эту проблему — запускать PostgreSQL на компьютере, где никакие другие процессы не займут всю память. Если физической памяти недостаточно, решить проблему также можно, увеличив объём пространства подкачки, так как уничтожение процессов при нехватке памяти происходит только когда заканчивается и физическая память, и место в пространстве подкачки.

Если памяти не хватает по вине самого PostgreSQL, эту проблему можно решить, изменив конфигурацию сервера. В некоторых случаях может помочь уменьшение конфигурационных параметров, связанных с памятью, а именно `shared_buffers`, `work_mem` и `hash_mem_multiplier`. В других случаях проблема может возникать, потому что разрешено слишком много подключений к самому серверу баз данных. Чаще всего в такой ситуации стоит уменьшить число подключений `max_connections` и организовать внешний пул соединений.

«Чрезмерное выделение» памяти можно предотвратить, изменив поведение ядра. Хотя при этом *OOM killer* (уничтожение процессов при нехватке памяти) всё равно может вызываться, вероятность такого уничтожения значительно уменьшается, а значит поведение системы становится более стабильным. Для этого нужно включить режим строгого выделения памяти, воспользовавшись `sysctl`:

```
sysctl -w vm.overcommit_memory=2
```

либо поместив соответствующую запись в `/etc/sysctl.conf`. Возможно, вы также захотите изменить связанный параметр `vm.overcommit_ratio`. За подробностями обратитесь к документации ядра *https://www.kernel.org/doc/Documentation/vm/overcommit-accounting*.

Другой подход, который можно применить (возможно, вместе с изменением `vm.overcommit_memory`), заключается в исключении процесса postmaster из числа возможных жертв при нехватке памяти. Для этого нужно задать для свойства *поправка очков OOM* этого процесса значение `-1000`. Проще всего это можно сделать, выполнив

```
echo -1000 > /proc/self/oom_score_adj
```

в скрипте запуска управляющего процесса непосредственно перед тем, как запускать postmaster. Заметьте, что делать это надо под именем root, иначе ничего не изменится, поэтому проще всего вставить эту команду в стартовый скрипт, принадлежащий пользователю root. Если вы делаете это, вы также должны установить в данном скрипте эти переменные окружения перед запуском главного процесса:

```
export PG_OOM_ADJUST_FILE=/proc/self/oom_score_adj
export PG_OOM_ADJUST_VALUE=0
```

С такими параметрами дочерние процессы главного будут запускаться с обычной, нулевой поправкой очков OOM, так что при необходимости механизм OOM сможет уничтожать их. Вы можете задать и другое значение для `PG_OOM_ADJUST_VALUE`, если хотите, чтобы дочерние процессы исполнялись с другой поправкой OOM. (`PG_OOM_ADJUST_VALUE` также можно опустить, в этом случае подразумевается нулевое значение.) Если вы не установите `PG_OOM_ADJUST_FILE`, дочерние процессы будут работать с той же поправкой очков OOM, которая задана для главного процесса, что неразумно, так как всё это делается как раз для того, чтобы главный процесс оказался на особом положении.

18.4.5. Огромные страницы в Linux

Использование огромных страниц (huge pages) снижает накладные расходы при работе с большими непрерывными блоками памяти, что характерно для PostgreSQL, особенно при большом объёме shared_buffers. Чтобы такие страницы можно было задействовать в PostgreSQL, ядро должно быть собрано с параметрами `CONFIG_HUGETLBFS=y` и `CONFIG_HUGETLB_PAGE=y`. Также вам понадобится настроить параметр ядра `vm.nr_hugepages`. Чтобы оценить требуемое количество огромных страниц, запустите PostgreSQL без поддержки огромных страниц и определите размер сегмента анонимной разделяемой памяти процесса postmaster, а также узнайте размер огромной страницы, воспользовавшись файловой системой `/proc`. Например, вы можете получить:

```
$ head -1 $PGDATA/postmaster.pid
4170
$ pmap 4170 | awk '/rw-s/ && /zero/ {print $2}'
6490428K
$ grep ^Hugepagesize /proc/meminfo
Hugepagesize:       2048 kB
```

В данном случае `6490428` / `2048` даёт примерно `3169.154`, так что нам потребуется минимум `3170` огромных страниц, и мы можем задать это значение так:

```
$ sysctl -w vm.nr_hugepages=3170
```

Большее значение стоит указать, если огромные страницы будут использоваться и другими программами в этой системе. Не забудьте добавить этот параметр в `/etc/sysctl.conf`, чтобы он действовал и после перезагрузки.

Иногда ядро не может выделить запрошенное количество огромных страниц сразу, поэтому может потребоваться повторить эту команду или перезагрузить систему. (Немедленно после перезагрузки должен быть свободен больший объём памяти для преобразования в огромные страницы.) Чтобы проверить текущую ситуацию с размещением огромных страниц, выполните:

```
$ grep Huge /proc/meminfo
```

Также может потребоваться дать пользователю операционной системы, запускающему сервер БД, право использовать огромные страницы, установив его группу в `vm.hugetlb_shm_group` с помощью sysctl, и/или разрешить блокировать память, выполнив `ulimit -l`.

По умолчанию PostgreSQL использует огромные страницы, когда считает это возможным, а в противном случае переходит к обычным страницам. Чтобы задействовать огромные страницы принудительно, можно установить для huge_pages значение `on` в `postgresql.conf`. Заметьте, что с таким значением PostgreSQL не сможет запуститься, если не получит достаточного количества огромных страниц.

Более подробно о механизме огромных страниц в Linux можно узнать в документации ядра: *https://www.kernel.org/doc/Documentation/vm/hugetlbpage.txt*.

18.5. Выключение сервера

Сервер баз данных можно отключить несколькими способами. На практике они все сводятся к отправке сигнала управляющему процессу `postgres`.

Если вы используете PostgreSQL в виде готового продукта и запускаете сервер, применяя предусмотренные в этом продукте средства, то и останавливать сервер вы должны, применяя те же средства. За подробностями обратитесь к документации используемого вами продукта.

Непосредственно управляя сервером, вы можете выбрать тот или иной вариант отключения, посылая разные сигналы главному процессу `postgres`:

SIGTERM

: Запускает так называемое *умное выключение*. Получив SIGTERM, сервер перестаёт принимать новые подключения, но позволяет всем существующим сеансам закончить работу в штатном режиме. Сервер будет отключён только после завершения всех сеансов. Если сервер находится в режиме архивации, сервер дополнительно ожидает выхода из этого режима. При этом в данном случае сервер позволяет устанавливать новые подключения, но только для суперпользователей (это исключение позволяет суперпользователю подключиться и прервать архивацию). Если получая этот сигнал, сервер находится в процессе восстановления, восстановление и потоковая репликация будут прерваны только после завершения всех обычных сеансов.

SIGINT

: Запускает *быстрое выключение*. Сервер запрещает новые подключения и посылает всем работающим серверным процессам сигнал SIGTERM, в результате чего их транзакции прерываются и сами процессы завершаются. Управляющий процесс ждёт, пока будут завершены все эти процессы и затем завершается сам. Если сервер находится в режиме архивации, архивация прерывается, так что архив оказывается неполным.

SIGQUIT

: Запускает *немедленное выключение*. Сервер отправляет всем дочерним процессам сигнал SIGQUIT и ждёт их завершения. Если какие-либо из них не завершаются в течение 5 секунд, им посылается SIGKILL. Главный процесс сервера завершается, как только будут завершены все дочерние процессы, не выполняя обычную процедуру остановки БД. В результате при последующем запуске будет запущен процесс восстановления (воспроизведения изменений из журнала). Такой вариант выключения рекомендуется только в экстренных ситуациях.

Удобную возможность отправлять эти сигналы, отключающие сервер, предоставляет программа pg_ctl. Кроме того, в системах, отличных от Windows, соответствующий сигнал можно отправить с помощью команды `kill`. PID основного процесса `postgres` можно узнать, воспользовавшись программой `ps`, либо прочитав файл `postmaster.pid` в каталоге данных. Например, можно выполнить быстрое выключение так:

```
$ kill -INT `head -1 /usr/local/pgsql/data/postmaster.pid`
```

> **Важно**
>
> Для выключения сервера не следует использовать сигнал SIGKILL. При таком выключении сервер не сможет освободить разделяемую память и семафоры. Кроме того, при уничтожении главного процесса `postgres` сигналом SIGKILL, он не успеет передать этот сигнал своим дочерним процессам, так что может потребоваться завершать и их вручную.

Чтобы завершить отдельный сеанс, не прерывая работу других сеансов, воспользуйтесь функцией `pg_terminate_backend()` (см. Таблицу 9.84) или отправьте сигнал SIGTERM дочернему процессу, обслуживающему этот сеанс.

18.6. Обновление кластера PostgreSQL

В этом разделе рассказывается, как обновить ваш кластер базы данных с одной версии PostgreSQL на другую.

Текущие номера версий PostgreSQL состоят из номеров основной и корректирующей (дополнительной) версии. Например, в номере версии 10.1 число 10 обозначает основную версию, а 1 — дополнительную. Для выпусков PostgreSQL до версии 10.0 номера состояли из трёх чисел (например, 9.5.3). Тогда основная версия образовывалась группой их двух чисел (например, 9.5), а дополнительная задавалась третьим числом (например, 3, что означало, что это третий корректирующий выпуск основной версии 9.5).

В корректирующих выпусках никогда не меняется внутренний формат хранения, и они всегда совместимы с предыдущими и последующими выпусками той же основной версии. Например, версия 10.1 совместима с версией 10.0 и версией 10.6. Подобным образом, например, версия 9.5.3 совместима с 9.5.0, 9.5.1 и 9.5.6. Для обновления версии на совместимую достаточно просто заменить исполняемые файлы при выключенном сервере и затем запустить сервер. Каталог данных при этом не затрагивается, так что обновить корректирующую версию довольно просто.

При обновлении *основных* версий PostgreSQL внутренний формат данных может меняться, что усложняет процедуру обновления. Традиционный способ переноса данных в новую основную версию — выгрузить данные из старой версии, а затем загрузить их в новую (это не самый быстрый вариант). Выполнить обновление быстрее позволяет pg_upgrade. Также для обновления можно использовать репликацию, как описано ниже. (Если вы используете PostgreSQL в виде готового продукта, в нём могут содержаться вспомогательные скрипты для обновления основной версии. За подробностями обратитесь к документации используемого вами продукта.)

Изменения основной версии обычно приносят какие-либо видимые пользователю несовместимости, которые могут требовать доработки приложений. Все подобные изменения описываются в замечаниях к выпуску (Приложение E); обращайте особое внимание на раздел «Migration» (Миграция). Хотя вы можете перейти с одной основной версии на другую, пропустив промежуточные версии, обязательно ознакомьтесь с замечаниями к каждому выпуску, в том числе для каждой пропускаемой версии.

Осторожные пользователи обычно тестируют свои клиентские приложения с новой версией, прежде чем переходить на неё полностью; поэтому часто имеет смысл установить рядом старую и новую версии. При тестировании обновления основной версии PostgreSQL изучите следующие области возможных изменений:

Администрирование

: Средства и функции, предоставляемые администраторам для наблюдения и управления сервером, часто меняются и совершенствуются в каждой новой версии.

SQL

: В этой области чаще наблюдается появление новых возможностей команд SQL, чем изменение поведения существующих, если только об этом не говорится в замечаниях к выпуску.

API библиотек

: Обычно библиотеки типа libpq только расширяют свою функциональность, если об обратном так же не говорится в замечаниях к выпуску.

Системные каталоги

: Изменения в системных каталогах обычно влияют только на средства управления базами данных.

API сервера для кода на C

: Сюда относятся изменения в API серверных функций, которые написаны на языке программирования C. Такие изменения затрагивают код, обращающийся к служебным функциям глубоко внутри сервера.

18.6.1. Обновление данных с применением pg_dumpall

Один из вариантов обновления заключается в выгрузке данных из одной основной версии PostgreSQL и загрузке их в другую — для этого необходимо использовать средство *логического* копирования, например pg_dumpall; копирование на уровне файловой системы не подходит. (В самом сервере есть проверки, которые не дадут использовать каталог данных от несовместимой версии PostgreSQL, так что если попытаться запустить с существующим каталогом данных неправильную версию сервера, никакого вреда не будет.)

Для создания копии рекомендуется применять программы pg_dump и pg_dumpall от *новой* версии PostgreSQL, чтобы воспользоваться улучшенными функциями, которые могли в них появиться. Текущие версии этих программ способны читать данные любой версии сервера, начиная с 8.0.

В следующих указаниях предполагается, что сервер установлен в каталоге `/usr/local/pgsql`, а данные находятся в `/usr/local/pgsql/data`. Вам нужно подставить свои пути.

1. При запуске резервного копирования убедитесь в том, что в базе данных не производятся изменения. Изменения не повлияют на целостность полученной копии, но изменённые данные, само собой, в неё не попадут. Если потребуется, измените разрешения в файле `/usr/local/pgsql/data/pg_hba.conf` (или подобном), чтобы подключиться к серверу могли только вы. За дополнительными сведениями об управлении доступом обратитесь к Главе 20.

   Чтобы получить копию всех ваших данных, введите:

   pg_dumpall > *выходной_файл*

   Для создания резервной копии вы можете воспользоваться программой pg_dumpall от текущей версии сервера; за подробностями обратитесь к Подразделу 25.1.2. Однако для лучшего результата стоит попробовать pg_dumpall из PostgreSQL 13.22, так как в эту версию вошли исправления ошибок и усовершенствования, по сравнению с предыдущими версиями. Хотя этот совет может показаться абсурдным, ведь новая версия ещё не установлена, ему стоит последовать, если вы планируете установить новую версию рядом со старой. В этом случае вы сможете выполнить установку как обычно, а перенести данные позже. Это также сократит время обновления.

2. Остановите старый сервер:

   pg_ctl stop

   В системах, где PostgreSQL запускается при загрузке, должен быть скрипт запуска, с которым можно сделать то же самое. Например, в Red Hat Linux может сработать такой вариант:

   /etc/rc.d/init.d/postgresql stop

   Подробнее запуск и остановка сервера описаны в Главе 18.

3. При восстановлении из резервной копии удалите или переименуйте старый каталог, где был установлен сервер, если его имя не привязано к версии. Разумнее будет переименовать каталог, а не удалять его, чтобы его можно было восстановить в случае проблем. Однако учтите, что этот каталог может занимать много места на диске. Переименовать каталог можно, например так:

   mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old

   (Этот каталог нужно переименовывать (перемещать) как единое целое, чтобы относительные пути в нём не изменились.)

4. Установите новую версию PostgreSQL как описано в Разделе 16.4.

5. При необходимости создайте новый кластер баз данных. Помните, что следующие команды нужно выполнять под именем специального пользователя БД (вы уже действуете под этим именем, если производите обновление).

   /usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data

6. Перенесите изменения, внесённые в предыдущие версии `pg_hba.conf` и `postgresql.conf`.

7. Запустите сервер баз данных, так же применяя учётную запись специального пользователя БД:

   /usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data

8. Наконец, восстановите данные из резервной копии, выполнив:

```
/usr/local/pgsql/bin/psql -d postgres -f выходной_файл
```

(При этом будет использоваться *новый* psql.)

Минимизировать время отключения сервера можно, установив новый сервер в другой каталог и запустив параллельно оба сервера, старый и новый, с разными портами. Затем можно будет перенести данные примерно так:

```
pg_dumpall -p 5432 | psql -d postgres -p 5433
```

18.6.2. Обновление данных с применением pg_upgrade

Модуль pg_upgrade позволяет обновить инсталляцию PostgreSQL с одной основной версии на другую непосредственно на месте. Такое обновление может выполняться за считанные минуты, особенно в режиме `--link`. Для него требуются примерно те же подготовительные действия, что и для варианта с pg_dumpall: запустить/остановить сервер, выполнить initdb. Все эти действия описаны в документации pg_upgrade.

18.6.3. Обновление данных с применением репликации

Методы логической репликации также могут применяться для создания резервного сервера с обновлённой версией PostgreSQL. Это возможно благодаря тому, что логическая репликация поддерживается между разными основными версиями PostgreSQL. Резервный сервер может располагаться как на том же компьютере, так и на другом. Как только синхронизация с главным сервером (где работает старая версия PostgreSQL) будет завершена, можно сделать главным новый сервер, а старый экземпляр базы данных просто отключить. При таком переключении обновление возможно осуществить, прервав работу сервера всего на несколько секунд.

Этот вариант обновления можно осуществить, используя как встроенные средства логической репликации, так и внешние системы логической репликации, такие как pglogical, Slony, Londiste и Bucardo.

18.7. Защита от подмены сервера

Когда сервер работает, злонамеренный пользователь не может подставить свой сервер вместо него. Однако если сервер отключён, локальный пользователь может подменить нормальный сервер, запустив свой собственный. Поддельный сервер сможет читать пароли и запросы клиентов, хотя не сможет вернуть никакие данные, так как каталог `PGDATA` будет защищён от чтения посторонними пользователями. Такая подмена возможна потому, что любой пользователь может запустить сервер баз данных; клиент, со своей стороны, не может обнаружить подмену, если его не настроить дополнительно.

Один из способов предотвратить подмену для `локальных` подключений — использовать каталог Unix-сокетов (unix_socket_directories), в который сможет писать только проверенный локальный пользователь. Это не позволит злонамеренному пользователю создать в этом каталоге свой файл сокета. Если вас беспокоит, что некоторые приложения при этом могут обращаться к файлу сокета в `/tmp` и, таким образом, всё же будут уязвимыми, создайте при загрузке операционной системы символическую ссылку `/tmp/.s.PGSQL.5432`, указывающую на перемещённый файл сокета. Возможно, вам также придётся изменить скрипт очистки `/tmp`, чтобы он не удалял эту ссылку.

Также клиенты могут защитить `локальные` подключения, установив в параметре `requirepeer` имя пользователя, который должен владеть серверным процессом, подключённым к сокету.

Для защиты от подмены TCP-соединений можно либо использовать сертификаты SSL и проверять сертификат сервера со стороны клиентов, либо применять шифрование GSSAPI (или и то, и другое при использовании независимых подключений).

Для защиты от подмены соединения с SSL сервер надо настроить так, чтобы он принимал только подключения `hostssl` (см. Раздел 20.1) и имел ключ и сертификаты SSL (см. Раздел 18.9). Тогда TCP-клиент должен будет подключаться к серверу с параметром `sslmode=verify-ca` или verify-full и у него должен быть установлен соответствующий корневой сертификат (см. Подраздел 33.18.1).

Для защиты от подмены соединения с GSSAPI сервер надо настроить так, чтобы он принимал только подключения hostgssenc (см. Раздел 20.1) и для них использовалась аутентификация gss. TCP-клиент в этом случае должен подключаться с параметром gssencmode=require.

18.8. Возможности шифрования

PostgreSQL обеспечивает шифрование на разных уровнях и даёт гибкость в выборе средств защиты данных в случае кражи сервера, от недобросовестных администраторов или в небезопасных сетях. Шифрование может также требоваться для защиты конфиденциальных данных, например, медицинских сведений или финансовых транзакций.

Шифрование паролей

Пароли пользователей базы данных хранятся в виде хешей (алгоритм хеширования определяется параметром password_encryption), так что администратор не может узнать, какой именно пароль имеет пользователь. Если шифрование SCRAM или MD5 применяется и при проверке подлинности, пароль не присутствует на сервере в открытом виде даже кратковременно, так как клиент шифрует его перед тем как передавать по сети. Предпочтительным методом является SCRAM, так как это стандарт, принятый в Интернете, и он более безопасен, чем собственный протокол проверки MD5 в PostgreSQL.

Защитное преобразование конкретных столбцов

Модуль pgcrypto позволяет хранить в защищённом виде избранные поля. Это полезно, если ценность представляют только некоторые данные. Чтобы прочитать эти поля, клиент передаёт ключ обратного защитного преобразования, сервер обратно преобразовывает данные и выдаёт их клиенту.

Обратно преобразованные данные и ключ обратного защитного преобразования недолгое время находятся на сервере в процессе обратного защитного преобразования и передачи данных. Именно в этот момент данные и ключи могут быть перехвачены тем, кто имеет полный доступ к серверу баз данных, например, системным администратором.

Шифрование раздела данных

Шифрование хранилища данных можно реализовать на уровне файловой системы или на уровне блоков. В Linux можно воспользоваться шифрованными файловыми системами eCryptfs и EncFS, а во FreeBSD есть PEFS. Шифрование всего диска на блочном уровне в Linux можно организовать, используя dm-crypt + LUKS, а во FreeBSD — модули GEOM, geli и gbde. Подобные возможности есть и во многих других операционных системах, включая Windows.

Этот механизм не позволяет читать незашифрованные данные с дисков в случае кражи дисков или всего компьютера. При этом он не защищает данные от чтения, когда эта файловая система смонтирована, так как на смонтированном устройстве операционная система видит все данные в незашифрованном виде. Однако чтобы смонтировать файловую систему, нужно передать операционной системе ключ (иногда он хранится где-то на компьютере, который выполняет монтирование).

Шифрование данных при передаче по сети

SSL-соединения шифруют все данные, передаваемые по сети: пароль, запросы и возвращаемые данные. Файл pg_hba.conf позволяет администраторам указать, для каких узлов будут разрешены незашифрованные соединения (host), а для каких будет требоваться SSL (hostssl). Кроме того, и на стороне клиента можно разрешить подключения к серверам только с SSL.

Защищённые GSSAPI соединения шифруют все данные, передаваемые по сети, включая запросы и возвращаемые данные. (Пароль по сети не передаётся.) В файле pg_hba.conf администраторы могут указать, для каких узлов будут разрешены незашифрованные соединения (host), а для каких будет требоваться шифрование GSSAPI (hostgssenc). В дополнение и клиенты можно настроить так, чтобы они подключались к серверу только с защитой GSSAPI (`gssencmode=require`).

Для шифрования передаваемых данных можно также применять Stunnel или SSH.

Проверка подлинности сервера SSL

И клиент, и сервер могут проверять подлинность друг друга по сертификатам SSL. Это требует дополнительной настройки на каждой стороне, но даёт более надёжную гарантию подлинности, чем обычные пароли. С такой защитой подставной компьютер не сможет представлять из себя сервер с целью получить пароли клиентов. Она также предотвращает атаки с посредником («man in the middle»), когда компьютер между клиентом и сервером представляется сервером и незаметно передаёт все запросы и данные между клиентом и подлинным сервером.

Шифрование на стороне клиента

Если системный администратор сервера, где работает база данных, не является доверенным, клиент должен сам шифровать данные; тогда незашифрованные данные никогда не появятся на этом сервере. В этом случае клиент шифрует данные, прежде чем передавать их серверу, а получив из базы данных результаты, он расшифровывает их для использования.

18.9. Защита соединений TCP/IP с применением SSL

В PostgreSQL встроена поддержка SSL для шифрования трафика между клиентом и сервером, что повышает уровень безопасности системы. Для использования этой возможности необходимо, чтобы и на сервере, и на клиенте был установлен OpenSSL, и поддержка SSL была разрешена в PostgreSQL при сборке (см. Главу 16).

18.9.1. Базовая настройка

Когда в установленном сервере PostgreSQL разрешена поддержка SSL, его можно запустить с включённым механизмом SSL, задав в `postgresql.conf` для параметра ssl значение `on`. Запущенный сервер будет принимать как обычные, так и SSL-подключения в одном порту TCP и будет согласовывать использование SSL с каждым клиентом. По умолчанию клиент выбирает режим подключения сам; как настроить сервер, чтобы он требовал использования только SSL для всех или некоторых подключений, вы можете узнать в Разделе 20.1.

Чтобы сервер мог работать в режиме SSL, ему необходимы файлы с сертификатом сервера и закрытым ключом. По умолчанию это должны быть файлы `server.crt` и `server.key`, соответственно, расположенные в каталоге данных, но можно использовать и другие имена и местоположения файлов, задав их в конфигурационных параметрах ssl_cert_file и ssl_key_file.

В Unix-подобных системах к файлу `server.key` должен быть запрещён любой доступ группы и всех остальных; чтобы установить такое ограничение, выполните `chmod 0600 server.key`. Возможен и другой вариант, когда этим файлом владеет root, а группа имеет доступ на чтение (то есть, маска разрешений `0640`). Данный вариант предназначен для систем, в которых файлами сертификатов и ключей управляет сама операционная система. В этом случае пользователь, запускающий сервер PostgreSQL, должен быть членом группы, имеющей доступ к указанным файлам сертификата и ключа.

Если к каталогу данных разрешён доступ группы, файлы сертификатов должны размещаться вне этого каталога для удовлетворения озвученных выше требований безопасности. Вообще говоря, доступ группы разрешается для того, чтобы непривилегированный пользователь мог производить резервное копирование базы данных, и в этом случае средство резервного копирования не сможет прочитать файлы сертификатов, что скорее всего приведёт к ошибке.

Если закрытый ключ защищён паролем, сервер спросит этот пароль и не будет запускаться, пока он не будет введён. По умолчанию использование такого пароля лишает возможности изменять конфигурацию SSL без перезагрузки сервера, однако параметр ssl_passphrase_command_supports_reload при некоторых условиях позволяет делать это. Более того, закрытые ключи, защищённые паролем, не годятся для использования в Windows.

Первым сертификатом в server.crt должен быть сертификат сервера, так как он должен соответствовать закрытому ключу сервера. В этот файл также могут быть добавлены сертификаты «промежуточных» центров сертификации. Это избавляет от необходимости хранить все промежуточные сертификаты на клиентах, при условии, что корневой и промежуточные сертификаты были созданы с расширениями v3_ca. (При этом в основных ограничениях сертификата устанавливается свойство CA, равное true.) Это также упрощает управление промежуточными сертификатами с истекающим сроком.

Добавлять корневой сертификат в server.crt нет необходимости. Вместо этого клиенты должны иметь этот сертификат в цепочке сертификатов сервера.

18.9.2. Конфигурация OpenSSL

PostgreSQL читает системный файл конфигурации OpenSSL. По умолчанию этот файл называется openssl.cnf и находится в каталоге, который сообщает команда openssl version -d. Если требуется указать другое расположение файла конфигурации, его можно задать в переменной окружения OPENSSL_CONF.

OpenSSL предоставляет широкий выбор шифров и алгоритмов аутентификации разной защищённости. Хотя список шифров может быть задан непосредственно в файле конфигурации OpenSSL, можно задать отдельные шифры именно для сервера баз данных, указав их в параметре ssl_ciphers в postgresql.conf.

> **Примечание**
>
> Накладные расходы, связанные с шифрованием, в принципе можно исключить, ограничившись только проверкой подлинности, то есть применяя шифр NULL-SHA или NULL-MD5. Однако в этом случае посредник сможет пропускать через себя и читать весь трафик между клиентом и сервером. Кроме того, шифрование привносит минимальную дополнительную нагрузку по сравнению с проверкой подлинности. По этим причинам использовать шифры NULL не рекомендуется.

18.9.3. Использование клиентских сертификатов

Чтобы клиенты должны были предоставлять серверу доверенные сертификаты, поместите сертификаты корневых центров сертификации (ЦС), которым вы доверяете, в файл в каталоге данных, укажите в параметре ssl_ca_file в postgresql.conf имя этого файла и добавьте вариант аутентификации clientcert=verify-ca или clientcert=verify-full в соответствующие строки hostssl в pg_hba.conf. В результате от клиента в процессе установления SSL-подключения будет затребован сертификат. (Как настроить сертификаты на стороне клиента, описывается в Разделе 33.18.)

Для записи hostssl с указанием clientcert=verify-ca сервер будет проверять, подписан ли сертификат клиента доверенным для него центром сертификации. Для указания clientcert=verify-full сервер не только проверяет сертификат по цепочке доверия, но и сверяет имя пользователя или имя, сопоставленное ему, с общим именем (cn, Common Name), указанным в представленном сертификате. Заметьте, что цепочка доверия для сертификата при использовании метода аутентификации cert проверяется всегда (см. Раздел 20.12).

Промежуточные сертификаты, которые составляют цепочку с существующими корневыми сертификатами, можно также включить в файл ssl_ca_file, если вы не хотите хранить их на стороне клиента (предполагается, что корневой и промежуточный сертификаты были созданы с расширениями v3_ca). Если установлен параметр ssl_crl_file, также проверяются списки отзыва сертификатов (Certificate Revocation List, CRL).

Параметр аутентификации clientcert можно использовать с любым методом проверки подлинности, но только в строках pg_hba.conf типа hostssl. Когда clientcert не задан или равен no-verify, сервер всё же будет проверять все представленные клиентские сертификаты по своему списку ЦС (если он настроен), но позволит подключаться клиентам без сертификата.

Есть два способа потребовать от пользователей предоставления сертификата при подключении.

Первый вариант заключается в использовании метода аутентификации `cert` в записях `hostssl` в `pg_hba.conf`. При этом сертификат будет использоваться и для проверки подлинности, и для защиты SSL-подключения. За подробностями обратитесь к Разделу 20.12. (Задавать явно какие-либо значения для параметра `clientcert` при использовании метода аутентификации `cert` не требуется.) В этом случае в качестве имени пользователя или сопоставляемого имени используется имя из поля `cn` (Common Name, Общее имя) сертификата.

Второй вариант сочетает использование произвольного метода аутентификации в записях `hostssl` с проверкой клиентских сертификатов, которая выполняется при значении параметра `clientcert`, равном `verify-ca` или `verify-full`. Первое значение включает только проверку достоверности сертификата, а последнее также сверяет имя пользователя или применяемое сопоставление с общим именем `cn` (Common Name), указанным в сертификате.

18.9.4. Файлы, используемые SSL-сервером

В Таблице 18.2 кратко описаны все файлы, имеющие отношение к настройке SSL на сервере. (Здесь приведены стандартные имена файлов. В конкретной системе они могут быть другими.)

Таблица 18.2. Файлы, используемые SSL-сервером

Файл	Содержимое	Назначение
ssl_cert_file (`$PGDATA/server.crt`)	сертификат сервера	отправляется клиенту для идентификации сервера
ssl_key_file (`$PGDATA/server.key`)	закрытый ключ сервера	подтверждает, что сертификат сервера был передан его владельцем; не гарантирует, что его владельцу можно доверять
ssl_ca_file	сертификаты доверенных ЦС	позволяет проверить, что сертификат клиента подписан доверенным центром сертификации
ssl_crl_file	сертификаты, отозванные центрами сертификации	сертификат клиента должен отсутствовать в этом списке

Сервер читает эти файлы при запуске или при перезагрузке конфигурации. В системах Windows они также считываются заново, когда для нового клиентского подключения запускается новый обслуживающий процесс.

Если в этих файлах при запуске сервера обнаружится ошибка, сервер откажется запускаться. Но если ошибка обнаруживается при перезагрузке конфигурации, эти файлы игнорируются и продолжает использоваться старая конфигурация SSL. В системах Windows, если в одном из этих файлов обнаруживается ошибка при запуске обслуживающего процесса, этот процесс не сможет устанавливать SSL-соединения. Во всех таких случаях в журнал событий сервера выводится сообщение об ошибке.

18.9.5. Создание сертификатов

Чтобы создать простой самоподписанный сертификат для сервера, действующий 365 дней, выполните следующую команду OpenSSL, заменив *`dbhost.yourdomain.com`* именем компьютера, где размещён сервер:

```
openssl req -new -x509 -days 365 -nodes -text -out server.crt \
  -keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"
```

Затем выполните:

```
chmod og-rwx server.key
```

так как сервер не примет этот файл, если разрешения будут более либеральными, чем показанные. За дополнительными сведениями относительно создания закрытого ключа и сертификата сервера обратитесь к документации OpenSSL.

Хотя самоподписанный сертификат может успешно применяться при тестировании, в производственной среде следует использовать сертификат, подписанный центром сертификации (ЦС) (обычно это корневой ЦС предприятия).

Чтобы создать сертификат сервера, подлинность которого смогут проверять клиенты, сначала создайте запрос на получение сертификата (CSR) и файлы открытого/закрытого ключа:

```
openssl req -new -nodes -text -out root.csr \
  -keyout root.key -subj "/CN=root.yourdomain.com"
chmod og-rwx root.key
```

Затем подпишите запрос ключом, чтобы создать корневой центр сертификации (с файлом конфигурации OpenSSL, помещённым в Linux в расположение по умолчанию):

```
openssl x509 -req -in root.csr -text -days 3650 \
  -extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \
  -signkey root.key -out root.crt
```

Наконец, создайте сертификат сервера, подписанный новым корневым центром сертификации:

```
openssl req -new -nodes -text -out server.csr \
  -keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"
chmod og-rwx server.key

openssl x509 -req -in server.csr -text -days 365 \
  -CA root.crt -CAkey root.key -CAcreateserial \
  -out server.crt
```

`server.crt` и `server.key` должны быть сохранены на сервере, а `root.crt` — на клиенте, чтобы клиент мог убедиться в том, что конечный сертификат сервера подписан центром сертификации, которому он доверяет. Файл `root.key` следует хранить в изолированном месте для создания сертификатов в будущем.

Также возможно создать цепочку доверия, включающую промежуточные сертификаты:

```
# корневой сертификат
openssl req -new -nodes -text -out root.csr \
  -keyout root.key -subj "/CN=root.yourdomain.com"
chmod og-rwx root.key
openssl x509 -req -in root.csr -text -days 3650 \
  -extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \
  -signkey root.key -out root.crt

# промежуточный
openssl req -new -nodes -text -out intermediate.csr \
  -keyout intermediate.key -subj "/CN=intermediate.yourdomain.com"
chmod og-rwx intermediate.key
openssl x509 -req -in intermediate.csr -text -days 1825 \
  -extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \
  -CA root.crt -CAkey root.key -CAcreateserial \
  -out intermediate.crt

# конечный
openssl req -new -nodes -text -out server.csr \
  -keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"
chmod og-rwx server.key
openssl x509 -req -in server.csr -text -days 365 \
  -CA intermediate.crt -CAkey intermediate.key -CAcreateserial \
```

```
  -out server.crt
```

`server.crt` и `intermediate.crt` следует сложить вместе в пакет сертификатов и сохранить на сервере. Также на сервере следует сохранить `server.key`. Файл `root.crt` нужно сохранить на клиенте, чтобы клиент мог убедиться в том, что конечный сертификат сервера был подписан по цепочке сертификатов, связанных с корневым сертификатом, которому он доверяет. Файлы `root.key` и `intermediate.key` следует хранить в изолированном месте для создания сертификатов в будущем.

18.10. Защита соединений TCP/IP с применением GSSAPI

В PostgreSQL имеется собственная поддержка GSSAPI для шифрования трафика между клиентом и сервером, что повышает уровень безопасности. Чтобы её можно было использовать, и на сервере, и на клиенте должна быть установлена реализация GSSAPI (например, MIT Kerberos), и эта поддержка должна быть включена в PostgreSQL при сборке (см. Главу 16).

18.10.1. Базовая настройка

Сервер PostgreSQL будет принимать как обычные, так и зашифрованные GSSAPI подключения через один TCP-порт и будет согласовывать использование GSSAPI для шифрования (и для аутентификации) с каждым подключающимся клиентом. По умолчанию решение об использовании шифрования принимает клиент (это означает, что злоумышленник может от него отказаться); чтобы использование GSSAPI было обязательным, сервер можно настроить как описано в Разделе 20.1.

Когда GSSAPI используется для шифрования, часто GSSAPI применяют также и для аутентификации, так как нижележащий механизм в любом случае будет проверять подлинность клиента и сервера (этого требует реализация GSSAPI). Но это необязательно — вы можете выбрать любой другой поддерживаемый PostgreSQL метод аутентификации для осуществления дополнительной проверки.

Кроме настройки согласования, для использования шифрования GSSAPI не требуется никаких дополнительных операций, не считая тех, что нужны для включения аутентификации GSSAPI. (Подробнее о том, как это настраивается, рассказывается в Разделе 20.6.)

18.11. Защита соединений TCP/IP с применением туннелей SSH

Для защиты сетевых соединений клиентов с сервером PostgreSQL можно применить SSH. При правильном подходе это позволяет обеспечить должный уровень защиты сетевого трафика, даже для клиентов, не поддерживающих SSL.

Прежде всего убедитесь, что на компьютере с сервером PostgreSQL также работает сервер SSH и вы можете подключиться к нему через `ssh` каким-нибудь пользователем; затем вы сможете установить защищённый туннель с этим удалённым сервером. Защищённый туннель прослушивает локальный порт и перенаправляет весь трафик в порт удалённого компьютера. Трафик, передаваемый в удалённый порт, может поступить на его адрес `localhost` или на другой привязанный адрес, если это требуется. При этом не будет видно, что трафик поступает с вашего компьютера. Следующая команда устанавливает защищённый туннель между клиентским компьютером и удалённой машиной `foo.com`:

```
ssh -L 63333:localhost:5432 joe@foo.com
```

Первое число в аргументе `-L`, 63333 — это локальный номер порта туннеля; это может быть любой незанятый порт. (IANA резервирует порты с 49152 по 65535 для частного использования.) Имя или IP-адрес после него обозначает привязанный адрес с удалённой стороны, к которому вы подключаетесь, в данном случае это `localhost` (и это же значение по умолчанию). Второе число, 5432 — порт с удалённой стороны туннеля, то есть порт вашего сервера баз данных. Чтобы подключиться к этому серверу через созданный тоннель, нужно подключиться к порту 63333 на локальном компьютере:

```
psql -h localhost -p 63333 postgres
```

Для сервера баз данных это будет выглядеть так, как будто вы пользователь `joe` компьютера `foo.com`, подключающийся к адресу `localhost`, и он будет применять ту процедуру проверки подлинности, которая установлена для подключений данного пользователя к этому привязанному адресу. Заметьте, что сервер не будет считать такое соединение защищённым SSL, так как на самом деле трафик между сервером SSH и сервером PostgreSQL не защищён. Это не должно нести какие-то дополнительные риски, так как эти серверы работают на одном компьютере.

Чтобы настроенный таким образом туннель работал, вы должны иметь возможность подключаться к компьютеру через `ssh` под именем `joe@foo.com`, так же, как это происходит при установлении терминального подключения с помощью `ssh`.

Вы также можете настроить перенаправление портов примерно так:

```
ssh -L 63333:foo.com:5432 joe@foo.com
```

Но в этом случае с точки зрения сервера подключение будет приходить на его сетевой адрес `foo.com`, а он по умолчанию не прослушивается (вследствие указания `listen_addresses = 'localhost'`). Обычно требуется другое поведение.

Если вам нужно «перейти» к серверу баз данных через некоторый шлюз, это можно организовать примерно так:

```
ssh -L 63333:db.foo.com:5432 joe@shell.foo.com
```

Заметьте, что в этом случае трафик между `shell.foo.com` и `db.foo.com` не будет защищён туннелем SSH. SSH предлагает довольно много вариантов конфигурации, что позволяет организовывать защиту сети разными способами. За подробностями обратитесь к документации SSH.

> **Подсказка**
>
> Существуют и другие приложения, которые могут создавать безопасные туннели, применяя по сути тот же подход, что был описан выше.

18.12. Регистрация журнала событий в Windows

Чтобы зарегистрировать библиотеку журнала событий в Windows, выполните следующую команду:

regsvr32 *каталог_библиотек_pgsql*/pgevent.dll

При этом в реестре будут созданы необходимые записи для средства просмотра событий, относящиеся к источнику событий по умолчанию с именем `PostgreSQL`.

Чтобы задать другое имя источника событий (см. event_source), укажите ключи `/n` и `/i`:

regsvr32 /n /i:*имя_источника_событий* *каталог_библиотек_pgsql*/pgevent.dll

Чтобы разрегистрировать библиотеку журнала событий в операционной системе, выполните команду:

regsvr32 /u [/i:*имя_источника_событий*] *каталог_библиотек_pgsql*/pgevent.dll

> **Примечание**
>
> Чтобы сервер баз данных записывал сообщения в журнал событий, добавьте `eventlog` в параметр log_destination в `postgresql.conf`.

Глава 19. Конфигурация сервера

На работу системы баз данных оказывают влияние множество параметров конфигурации. В первом разделе этой главы рассказывается, как управлять этими параметрами, а в последующих разделах подробно описывается каждый из них.

19.1. Изменение параметров

19.1.1. Имена и значения параметров

Имена всех параметров являются регистронезависимыми. Каждый параметр принимает значение одного из пяти типов: логический, строка, целое, число с плавающей точкой или перечисление. От типа значения зависит синтаксис установки этого параметра:

- *Логический:* Значения могут задаваться строками `on`, `off`, `true`, `false`, `yes`, `no`, `1`, `0` (регистр не имеет значения), либо как достаточно однозначный префикс одной из этих строк.
- *Строка:* Обычно строковое значение заключается в апострофы (при этом внутренние апострофы дублируются). Однако если значение является простым числом или идентификатором, апострофы обычно можно опустить. (Значения, совпадающие с ключевыми словами SQL, всё же требуют заключения в апострофы в некоторых контекстах.)
- *Число (целое или с плавающей точкой):* Значения числовых параметров могут задаваться в обычных форматах, принятых для целых чисел или чисел с плавающей точкой; если параметр целочисленный, дробные значения округляются до ближайшего целого. Кроме того, целочисленные параметры принимают значения в шестнадцатеричном (с префиксом `0x`) и восьмеричном (с префиксом `0`) виде, но дробная часть в таких случаях исключена. Разделители разрядов в значениях использовать нельзя. Заключать в кавычки требуется только значения в шестнадцатеричном виде.
- *Число с единицей измерения:* Некоторые числовые параметры задаются с единицами измерения, так как они описывают количества информации или времени. Единицами могут быть байты, килобайты, блоки (обычно восемь килобайт), миллисекунды, секунды или минуты. При указании только числового значения для такого параметра единицей измерения будет считаться установленная для него единица по умолчанию, которая указывается в `pg_settings.unit`. Для удобства параметры также можно задавать, указывая единицу измерения явно, например, задать `'120 ms'` для значения времени. При этом такое значение будет переведено в основную единицу измерения параметра. Заметьте, что для этого значение должно записываться в виде строки (в апострофах). Имя единицы является регистронезависимым, а между ним и числом допускаются пробельные символы.
  - Допустимые единицы информации: `B` (байты), `kB` (килобайты), `MB` (мегабайты), `GB` (гигабайты) и `TB` (терабайты). Множителем единиц информации считается 1024, не 1000.
  - Допустимые единицы времени: `us` (микросекунды), `ms` (миллисекунды), `s` (секунды), `min` (минуты), `h` (часы) и `d` (дни).

  Если с единицей измерения задаётся дробное значение, оно будет округлено до следующей меньшей единицы, если такая имеется. Например, значение `30.1 GB` будет преобразовано в `30822 MB`, а не в `32319628902 B`. Если параметр имеет целочисленный тип, после преобразования единицы измерения значение окончательно округляется до целого.
- *Перечисление:* Параметры, имеющие тип перечисление, записываются так же, как строковые параметры, но могут иметь только ограниченный набор значений. Список допустимых значений такого параметра задаётся в `pg_settings.enumvals`. В значениях перечислений регистр не учитывается.

19.1.2. Определение параметров в файле конфигурации

Самый основной способ установки этих параметров — определение их значений в файле `postgresql.conf`, который обычно находится в каталоге данных. При инициализации каталога кластера БД в этот каталог помещается копия стандартного файла. Например, он может выглядеть так:

```
# Это комментарий
log_connections = yes
log_destination = 'syslog'
search_path = '"$user", public'
shared_buffers = 128MB
```

Каждый параметр определяется в отдельной строке. Знак равенства в ней между именем и значением является необязательным. Пробельные символы в строке не играют роли (кроме значений, заключённых в апострофы), а пустые строки игнорируются. Знаки решётки (#) обозначают продолжение строки как комментарий. Значения параметров, не являющиеся простыми идентификаторами или числами, должны заключаться в апострофы. Чтобы включить в такое значение собственно апостроф, его следует продублировать (предпочтительнее) или предварить обратной косой чертой. Если один и тот же параметр определяется в файле конфигурации неоднократно, действовать будет только последнее определение, остальные игнорируются.

Параметры, установленные таким образом, задают значения по умолчанию для данного кластера. Эти значения будут действовать в активных сеансах, если не будут переопределены. В следующих разделах описывается, как их может переопределить администратор или пользователь.

Основной процесс сервера перечитывает файл конфигурации заново, получая сигнал SIGHUP; послать его проще всего можно, запустив `pg_ctl reload` в командной строке или вызвав SQL-функцию `pg_reload_conf()`. Основной процесс сервера передаёт этот сигнал всем остальным запущенным серверным процессам, так что существующие сеансы тоже получают новые значения (после того, как завершится выполнение текущей команды клиента). Также возможно послать этот сигнал напрямую одному из серверных процессов. Учтите, что некоторые параметры можно установить только при запуске сервера; любые изменения их значений в файле конфигурации не будут учитываться до перезапуска сервера. Более того, при обработке SIGHUP игнорируются неверные значения параметров (но об этом сообщается в журнале).

В дополнение к `postgresql.conf` в каталоге данных PostgreSQL содержится файл `postgresql.auto.conf`, который имеет тот же формат, что и `postgresql.conf`, но предназначен для автоматического изменения, а не для редактирования вручную. Этот файл содержит параметры, задаваемые командой ALTER SYSTEM. Он считывается одновременно с `postgresql.conf` и заданные в нём параметры действуют таким же образом. Параметры в `postgresql.auto.conf` переопределяют те, что указаны в `postgresql.conf`.

Вносить изменения в `postgresql.auto.conf` можно и с использованием внешних средств. Однако это не рекомендуется делать в процессе работы сервера, так эти изменения могут быть потеряны при параллельном выполнении команды `ALTER SYSTEM`. Внешние программы могут просто добавлять новые определения параметров в конец файла или удалять повторяющиеся определения и/или комментарии (как делает `ALTER SYSTEM`).

Системное представление `pg_file_settings` может быть полезным для предварительной проверки изменений в файлах конфигурации или для диагностики проблем, если сигнал SIGHUP не даёт желаемого эффекта.

19.1.3. Управление параметрами через SQL

В PostgreSQL есть три SQL-команды, задающие для параметров значения по умолчанию. Уже упомянутая команда ALTER SYSTEM даёт возможность изменять глобальные значения средствами SQL; она функционально равнозначна редактированию `postgresql.conf`. Кроме того, есть ещё две команды, которые позволяют задавать значения по умолчанию на уровне баз данных и ролей:

- Команда ALTER DATABASE позволяет переопределить глобальные параметры на уровне базы данных.
- Команда ALTER ROLE позволяет переопределить для конкретного пользователя как глобальные, так и локальные для базы данных параметры.

Значения, установленные командами ALTER DATABASE и ALTER ROLE, применяются только при новом подключении к базе данных. Они переопределяют значения, полученные из файлов конфигурации или командной строки сервера, и применяются по умолчанию в рамках сеанса. Заметьте, что некоторые параметры невозможно изменить после запуска сервера, поэтому их нельзя установить этими командами (или командами, перечисленными ниже).

Когда клиент подключён к базе данных, он может воспользоваться двумя дополнительными командами SQL (и равнозначными функциями), которые предоставляет PostgreSQL для управления параметрами конфигурации:

- Команда SHOW позволяет узнать текущее значение любого параметра. Ей соответствует SQL-функция current_setting(setting_name text) (см. Подраздел 9.27.1).
- Команда SET позволяет изменить текущее значение тех параметров, которые устанавливаются локально в рамках сеанса; на другие сеансы она не влияет. Ей соответствует SQL-функция set_config(setting_name, new_value, is_local) (см. Подраздел 9.27.1).

Кроме того, просмотреть и изменить значения параметров для текущего сеанса можно в системном представлении pg_settings:

- Запрос на чтение представления выдаёт ту же информацию, что и SHOW ALL, но более подробно. Этот подход и более гибкий, так как в нём можно указать условия фильтра или связать результат с другими отношениями.
- Выполнение UPDATE для этого представления, а именно присваивание значения столбцу setting, равносильно выполнению команды SET. Например, команде

  ```
  SET configuration_parameter TO DEFAULT;
  ```

  равнозначен запрос:

  ```
  UPDATE pg_settings SET setting = reset_val WHERE name = 'configuration_parameter';
  ```

19.1.4. Управление параметрами в командной строке

Помимо изменения глобальных значений по умолчанию и переопределения их на уровне базы данных или роли, параметры PostgreSQL можно изменить, используя средства командной строки. Управление через командную строку поддерживают и сервер, и клиентская библиотека libpq.

- При запуске сервера, значения параметров можно передать команде postgres в аргументе командной строки -c. Например:

  ```
  postgres -c log_connections=yes -c log_destination='syslog'
  ```

  Параметры, заданные таким образом, переопределяют те, что были установлены в postgresql.conf или командой ALTER SYSTEM, так что их нельзя изменить глобально без перезапуска сервера.
- При запуске клиентского сеанса, использующего libpq, значения параметров можно указать в переменной окружения PGOPTIONS. Заданные таким образом параметры будут определять значения по умолчанию на время сеанса, но никак не влияют на другие сеансы. По историческим причинам формат PGOPTIONS похож на тот, что применяется при запуске команды postgres; в частности, в нём должен присутствовать флаг -c. Например:

  ```
  env PGOPTIONS="-c geqo=off -c statement_timeout=5min" psql
  ```

  Другие клиенты и библиотеки могут иметь собственные механизмы управления параметрами, через командную строку или как-то иначе, используя которые пользователь сможет менять параметры сеанса, не выполняя непосредственно команды SQL.

19.1.5. Упорядочение содержимого файлов конфигурации

PostgreSQL предоставляет несколько возможностей для разделения сложных файлов postgresql.conf на вложенные файлы. Эти возможности особенно полезны при управлении множеством серверов с похожими, но не одинаковыми конфигурациями.

Помимо присваиваний значений параметров, `postgresql.conf` может содержать *директивы включения* файлов, которые будут прочитаны и обработаны, как если бы их содержимое было вставлено в данном месте файла конфигурации. Это позволяет разбивать файл конфигурации на физически отдельные части. Директивы включения записываются просто:

```
include 'имя_файла'
```

Если имя файла задаётся не абсолютным путём, оно рассматривается относительно каталога, в котором находится включающий файл конфигурации. Включения файлов могут быть вложенными.

Кроме того, есть директива `include_if_exists`, которая работает подобно `include`, за исключением случаев, когда включаемый файл не существует или не может быть прочитан. Обычная директива `include` считает это критической ошибкой, но `include_if_exists` просто выводит сообщение и продолжает обрабатывать текущий файл конфигурации.

Файл `postgresql.conf` может также содержать директивы `include_dir`, позволяющие подключать целые каталоги с файлами конфигурации. Они записываются так:

```
include_dir 'каталог'
```

Имена, заданные не абсолютным путём, рассматриваются относительно каталога, содержащего текущий файл конфигурации. В заданном каталоге включению подлежат только файлы с именами, оканчивающимися на `.conf`. При этом файлы с именами, начинающимися с «.», тоже игнорируются, для предотвращения ошибок, так как они считаются скрытыми в ряде систем. Набор файлов во включаемом каталоге обрабатывается по порядку имён (определяемому правилами, принятыми в C, т. е. цифры идут перед буквами, а буквы в верхнем регистре — перед буквами в нижнем).

Включение файлов или каталогов позволяет разделить конфигурацию базы данных на логические части, а не вести один большой файл `postgresql.conf`. Например, представьте, что в некоторой компании есть два сервера баз данных, с разным объёмом ОЗУ. Скорее всего при этом их конфигурации будут иметь общие элементы, например, параметры ведения журналов. Но параметры, связанные с памятью, у них будут различаться. Кроме того, другие параметры могут быть специфическими для каждого сервера. Один из вариантов эффективного управления такими конфигурациями — разделить изменения стандартной конфигурации на три файла. Чтобы подключить эти файлы, можно добавить в конец файла `postgresql.conf` следующие директивы:

```
include 'shared.conf'
include 'memory.conf'
include 'server.conf'
```

Общие для всех серверов параметры будут помещаться в `shared.conf`. Файл `memory.conf` может иметь два варианта — первый для серверов с 8ГБ ОЗУ, а второй для серверов с 16 ГБ. Наконец, `server.conf` может содержать действительно специфические параметры для каждого отдельного сервера.

Также возможно создать каталог с файлами конфигурации и поместить туда все эти файлы. Например, так можно подключить каталог `conf.d` в конце `postgresql.conf`:

```
include_dir 'conf.d'
```

Затем можно дать файлам в каталоге `conf.d` следующие имена:

```
00shared.conf
01memory.conf
02server.conf
```

Такое именование устанавливает чёткий порядок подключения этих файлов, что важно, так как если параметр определяется несколько раз в разных файлах конфигурации, действовать будет последнее определение. В рамках данного примера, установленное в `conf.d/02server.conf` значение переопределит значение того же параметра, заданное в `conf.d/01memory.conf`.

Вы можете применить этот подход и с описательными именами файлов:

```
00shared.conf
```

```
01memory-8GB.conf
02server-foo.conf
```

При таком упорядочивании каждому варианту файла конфигурации даётся уникальное имя. Это помогает исключить конфликты, если конфигурации разных серверов нужно хранить в одном месте, например, в репозитории системы управления версиями. (Кстати, хранение файлов конфигурации в системе управления версиями — это ещё один эффективный приём, который стоит применять.)

19.2. Расположения файлов

В дополнение к вышеупомянутому `postgresql.conf`, PostgreSQL обрабатывает два редактируемых вручную файла конфигурации, в которых настраивается аутентификация клиентов (их использование рассматривается в Главе 20). По умолчанию все три файла конфигурации размещаются в каталоге данных кластера БД. Параметры, описанные в этом разделе, позволяют разместить их и в любом другом месте. (Это позволяет упростить администрирование, в частности, выполнять резервное копирование этих файлов обычно проще, когда они хранятся отдельно.)

`data_directory` (`string`)

Задаёт каталог, в котором хранятся данные. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`config_file` (`string`)

Задаёт основной файл конфигурации сервера (его стандартное имя — `postgresql.conf`). Этот параметр можно задать только в командной строке `postgres`.

`hba_file` (`string`)

Задаёт файл конфигурации для аутентификации по сетевым узлам (его стандартное имя — `pg_hba.conf`). Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`ident_file` (`string`)

Задаёт файл конфигурации для сопоставлений имён пользователей (его стандартное имя — `pg_ident.conf`). Этот параметр можно задать только при запуске сервера. См. также Раздел 20.2.

`external_pid_file` (`string`)

Задаёт имя дополнительного файла с идентификатором процесса (PID), который будет создавать сервер для использования программами администрирования. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

При стандартной установке ни один из этих параметров не задаётся явно. Вместо них задаётся только каталог данных, аргументом командной строки `-D` или переменной окружения `PGDATA`, и все необходимые файлы конфигурации загружаются из этого каталога.

Если вы хотите разместить файлы конфигурации не в каталоге данных, то аргумент командной строки `postgres -D` или переменная окружения `PGDATA` должны указывать на каталог, содержащий файлы конфигурации, а в `postgresql.conf` (или в командной строке) должен задаваться параметр `data_directory`, указывающий, где фактически находятся данные. Учтите, что `data_directory` переопределяет путь, задаваемый в `-D` или `PGDATA` как путь каталога данных, но не расположение файлов конфигурации.

При желании вы можете задать имена и пути файлов конфигурации по отдельности, воспользовавшись параметрами `config_file`, `hba_file` и/или `ident_file`. Параметр `config_file` можно задать только в командной строке `postgres`, тогда как остальные можно задать и в основном файле конфигурации. Если явно заданы все три эти параметра плюс `data_directory`, то задавать `-D` или `PGDATA` не нужно.

Во всех этих параметрах относительный путь должен задаваться от каталога, в котором запускается postgres.

19.3. Подключения и аутентификация

19.3.1. Параметры подключений

listen_addresses (string)

Задаёт адреса TCP/IP, по которым сервер будет принимать подключения клиентских приложений. Это значение принимает форму списка, разделённого запятыми, из имён и/или числовых IP-адресов узлов. Особый элемент, *, обозначает все имеющиеся IP-интерфейсы. Запись 0.0.0.0 позволяет задействовать все адреса IPv4, а :: — все адреса IPv6. Если список пуст, сервер не будет привязываться ни к какому IP-интерфейсу, а значит, подключиться к нему можно будет только через Unix-сокеты. При непустом списке сервер запустится, если сможет принимать подключения хотя бы по одному адресу TCP/IP. Предупреждение будет выдано для любого адреса TCP/IP, который невозможно открыть. По умолчанию этот параметр содержит localhost, что допускает подключение к серверу по TCP/IP только через локальный интерфейс «замыкания».

Хотя механизм аутентификации клиентов (см. Главу 20) позволяет гибко управлять доступом пользователей к серверу, параметр listen_addresses может ограничить интерфейсы, через которые будут приниматься соединения, что бывает полезно для предотвращения злонамеренных попыток подключения через незащищённые сетевые интерфейсы. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

port (integer)

TCP-порт, открываемый сервером; по умолчанию, 5432. Заметьте, что этот порт используется для всех IP-адресов, через которые сервер принимает подключения. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

max_connections (integer)

Определяет максимальное число одновременных подключений к серверу БД. По умолчанию обычно это 100 подключений, но это число может быть меньше, если ядро накладывает свои ограничения (это определяется в процессе initdb). Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

superuser_reserved_connections (integer)

Определяет количество «слотов» подключений, которые PostgreSQL будет резервировать для суперпользователей. При этом всего одновременно активными могут быть максимум max_connections подключений. Когда число активных одновременных подключений больше или равно max_connections минус superuser_reserved_connections, принимаются только подключения суперпользователей, а все другие подключения, в том числе подключения для репликации, запрещаются.

По умолчанию резервируются три соединения. Это значение должно быть меньше значения max_connections. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

unix_socket_directories (string)

Задаёт каталог Unix-сокета, через который сервер будет принимать подключения клиентских приложений. Создать несколько сокетов можно, перечислив в этом значении несколько каталогов через запятую. Пробелы между элементами этого списка игнорируются; если в пути каталога содержатся пробелы, его нужно заключать в двойные кавычки. При пустом значении сервер не будет работать с Unix-сокетами, в этом случае к нему можно будет подключиться только по TCP/IP. Значение по умолчанию обычно /tmp, но его можно изменить во время сборки. В Windows значение по умолчанию пустое, поэтому Unix-сокет создаваться не будет. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Помимо самого файла сокета, который называется `.s.PGSQL.`*`nnnn`* (где *`nnnn`* — номер порта сервера), в каждом каталоге `unix_socket_directories` создаётся обычный файл `.s.PGSQL.`*`nnnn`*`.lock`. Ни в коем случае не удаляйте эти файлы вручную.

`unix_socket_group` (`string`)

Задаёт группу-владельца Unix-сокетов. (Пользователем-владельцем сокетов всегда будет пользователь, запускающий сервер.) В сочетании с `unix_socket_permissions` данный параметр можно использовать как дополнительный механизм управления доступом к Unix-сокетам. По умолчанию он содержит пустую строку, то есть группой-владельцем становится основная группа пользователя, запускающего сервер. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

В Windows данный параметр не поддерживается, так что любое его значение ни на что не влияет.

`unix_socket_permissions` (`integer`)

Задаёт права доступа к Unix-сокетам. Для Unix-сокетов применяется обычный набор разрешений Unix. Значение параметра ожидается в числовом виде, который принимают функции `chmod` и `umask`. (Для применения обычного восьмеричного формата число должно начинаться с `0` (нуля).)

По умолчанию действуют разрешения `0777`, при которых подключаться к сокету могут все. Другие разумные варианты — `0770` (доступ имеет только пользователь и группа, см. также `unix_socket_group`) и `0700` (только пользователь). (Заметьте, что для Unix-сокетов требуется только право на запись, так что добавлять или отзывать права на чтение/выполнение не имеет смысла.)

Этот механизм управления доступом не зависит от описанного в Главе 20.

Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Данный параметр неприменим для некоторых систем, в частности, Solaris (а именно Solaris 10), которые полностью игнорируют разрешения для сокетов. В таких системах примерно тот же эффект можно получить, указав в параметре `unix_socket_directories` каталог, доступ к которому ограничен должным образом.

`bonjour` (`boolean`)

Включает объявления о существовании сервера посредством Bonjour. По умолчанию выключен. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`bonjour_name` (`string`)

Задаёт имя службы в среде Bonjour. Если значение этого параметра — пустая строка (`''`) (это значение по умолчанию), в качестве этого имени используется имя компьютера. Этот параметр игнорируется, если сервер был скомпилирован без поддержки Bonjour. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`tcp_keepalives_idle` (`integer`)

Задаёт период отсутствия сетевой активности, по истечении которого операционная система должна отправить клиенту TCP-сигнал сохранения соединения. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. При значении 0 (по умолчанию) действует величина, принятая по умолчанию в операционной системе. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPIDLE` или равнозначный, а также в Windows; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

> **Примечание**
>
> В Windows при присваивании нулевого значения этот период устанавливается равным 2 часам, так как Windows не позволяет прочитать системное значение по умолчанию.

`tcp_keepalives_interval` (`integer`)

Задаёт интервал, по истечении которого следует повторять TCP-сигнал сохранения соединения, если от клиента не получено подтверждение предыдущего сигнала. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. При значении 0 (по умолчанию) действует величина, принятая по умолчанию в операционной системе. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPINTVL` или равнозначный, а также в Windows; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

> **Примечание**
>
> В Windows при присваивании нулевого значения интервал устанавливается равным 1 секунде, так как Windows не позволяет прочитать системное значение по умолчанию.

`tcp_keepalives_count` (`integer`)

Задаёт число TCP-сигналов сохранения соединения, которые могут быть потеряны до того, как соединение сервера с клиентом будет признано прерванным. При значении 0 (по умолчанию) действует величина, принятая по умолчанию в операционной системе. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPCNT` или равнозначный; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

> **Примечание**
>
> В Windows данный параметр не поддерживается и должен быть равен нулю.

`tcp_user_timeout` (`integer`)

Задаёт интервал, в течение которого переданные данные могут оставаться неподтверждёнными, прежде чем будет принято решение о принудительном закрытии TCP-соединения. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При значении 0 (по умолчанию) действует величина, принятая по умолчанию в операционной системе. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_USER_TIMEOUT`; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через доменные сокеты Unix, он игнорируется и всегда считается равным 0.

> **Примечание**
>
> В Windows данный параметр не поддерживается и должен быть равен нулю.

19.3.2. Аутентификация

`authentication_timeout` (`integer`)

Максимальное время, за которое должна произойти аутентификация. Если потенциальный клиент не сможет пройти проверку подлинности за это время, сервер закроет соединение. Благодаря этому зависшие при подключении клиенты не будут занимать соединения неограниченно долго. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение этого параметра по умолчанию — одна минута (1m). Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

password_encryption (enum)

Когда в CREATE ROLE или ALTER ROLE задаётся пароль, этот параметр определяет, каким алгоритмом его шифровать. Значение по умолчанию — md5 (пароль сохраняется в виде хеша MD5), также в качестве псевдонима md5 принимается значение on. Значение scram-sha-256 указывает, что пароль будет шифроваться алгоритмом SCRAM-SHA-256.

Учтите, что старые клиенты могут не поддерживать механизм проверки подлинности SCRAM и поэтому не будут работать с паролями, зашифрованными алгоритмом SCRAM-SHA-256. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

krb_server_keyfile (string)

Задаёт расположение файла ключей Kerberos для данного сервера. Значение по умолчанию: FILE:/usr/local/pgsql/etc/krb5.keytab (каталог определяется значением параметра sysconfdir в процессе сборки; чтобы его узнать, выполните pg_config --sysconfdir). Если этот параметр содержит пустую строку, используется значение по умолчанию, зависящее от системы. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. За подробностями обратитесь к Разделу 20.6.

krb_caseins_users (boolean)

Определяет, должны ли имена пользователей GSSAPI обрабатываться без учёта регистра. По умолчанию значение этого параметра — off (регистр учитывается). Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

db_user_namespace (boolean)

Этот параметр позволяет относить имена пользователей к базам данных. По умолчанию он имеет значение off (выключен). Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

Если он включён, имена создаваемых пользователей должны иметь вид *имя_пользователя@база_данных*. Когда подключающийся клиент передаёт *имя_пользователя*, к этому имени добавляется @ с именем базы данных, и сервер идентифицирует пользователя по этому полному имени. Заметьте, что для создания пользователя с именем, содержащим @, в среде SQL потребуется заключить это имя в кавычки.

Когда этот параметр включён, он не мешает создавать и использовать обычных глобальных пользователей. Чтобы подключиться с таким именем пользователя, достаточно добавить к имени @, например так: joe@. Получив такое имя, сервер отбросит @, и будет идентифицировать пользователя по начальному имени.

Параметр db_user_namespace порождает расхождение между именами пользователей на стороне сервера и клиента. Но проверки подлинности всегда выполняются с именем с точки зрения сервера, так что, настраивая аутентификацию, следует указывать серверное представление имени, а не клиентское. Так как метод аутентификации md5 подмешивает имя пользователя в качестве соли и на стороне сервера, и на стороне клиента, при включённом параметре db_user_namespace использовать md5 невозможно.

> **Примечание**
>
> Эта возможность предлагается в качестве временной меры, пока не будет найдено полноценное решение. Тогда этот параметр будет ликвидирован.

19.3.3. SSL

Дополнительную информацию о настройке SSL можно получить в Разделе 18.9.

`ssl` (`boolean`)

Разрешает подключения SSL. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `off`.

`ssl_ca_file` (`string`)

Задаёт имя файла, содержащего сертификаты центров сертификации (ЦС) для SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр пуст, что означает, что файл сертификатов ЦС не загружается и проверка клиентских сертификатов не производится.

`ssl_cert_file` (`string`)

Задаёт имя файла, содержащего сертификат этого SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `server.crt`.

`ssl_crl_file` (`string`)

Задаёт имя файла, содержащего список отзыва клиентских сертификатов (CRL, Certificate Revocation List) для SSL. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр пуст, что означает, что файл CRL не загружается.

`ssl_key_file` (`string`)

Задаёт имя файла, содержащего закрытый ключ SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `server.key`.

`ssl_ciphers` (`string`)

Задаёт список наборов шифров SSL, которые могут применяться для SSL-соединений. Синтаксис этого параметра и список поддерживаемых значений можно найти на странице ciphers руководства по OpenSSL. Этот параметр действует только для подключений TLS версии 1.2 и ниже. Для подключений TLS версии 1.3 возможность выбора шифров в настоящее время отсутствует. Значение по умолчанию — `HIGH:MEDIUM:+3DES:!aNULL`. Обычно оно вполне приемлемо при отсутствии особых требований по безопасности.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Объяснение значения по умолчанию:

`HIGH`

Наборы шифров, в которых используются шифры из группы высокого уровня (`HIGH`), (например: AES, Camellia, 3DES)

`MEDIUM`

Наборы шифров, в которых используются шифры из группы среднего уровня (`MEDIUM`) (например, RC4, SEED)

`+3DES`

Порядок шифров для группы `HIGH` по умолчанию в OpenSSL определён некорректно. В нём 3DES оказывается выше AES128, что неправильно, так как он считается менее безопасным, чем AES128, и работает гораздо медленнее. Включение `+3DES` меняет этот порядок, чтобы данный алгоритм следовал после всех шифров групп `HIGH` и `MEDIUM`.

!aNULL

Отключает наборы анонимных шифров, не требующие проверки подлинности. Такие наборы уязвимы для атак с посредником, поэтому использовать их не следует.

Конкретные наборы шифров и их свойства очень различаются от версии к версии OpenSSL. Чтобы получить фактическую информацию о них для текущей установленной версии OpenSSL, выполните команду `openssl ciphers -v 'HIGH:MEDIUM:+3DES:!aNULL'`. Учтите, что этот список фильтруется во время выполнения, в зависимости от типа ключа сервера.

`ssl_prefer_server_ciphers` (boolean)

Определяет, должны ли шифры SSL сервера предпочитаться клиентским. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `on`.

До версии PostgreSQL 9.4 этот параметр отсутствовал и предпочтение отдавалось выбору клиента. Введён этот параметр в основном для обеспечения совместимости с этими версиями. Обычно лучше использовать конфигурацию сервера, так как в конфигурации на стороне клиента более вероятны ошибки.

`ssl_ecdh_curve` (string)

Задаёт имя кривой для использования при обмене ключами ECDH. Эту кривую должны поддерживать все подключающиеся клиенты. Это не обязательно должна быть кривая, с которой был получен ключ сервера. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `prime256v1`.

Наиболее распространённые кривые в OpenSSL — `prime256v1` (NIST P-256), `secp384r1` (NIST P-384), `secp521r1` (NIST P-521). Полный список доступных кривых можно получить командой `openssl ecparam -list_curves`. Однако не все из них пригодны для TLS.

`ssl_min_protocol_version` (enum)

Задаёт минимальную версию протокола SSL/TLS, которая может использоваться. В настоящее время допускаются версии `TLSv1`, `TLSv1.1`, `TLSv1.2`, `TLSv1.3`. Старые версии библиотеки OpenSSL могут не поддерживать все варианты; при выборе неподдерживаемой версии будет выдана ошибка. Версии протокола до TLS 1.0, а именно SSL v.2 и v.3, не будут использоваться в любом случае.

Значение по умолчанию — `TLSv1.2`, что соответствует рекомендациям, актуальным в индустрии на момент написания этой документации.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_max_protocol_version` (enum)

Задаёт максимальную версию протокола SSL/TLS, которая может использоваться. Допускаются те же версии, что и для ssl_min_protocol_version, а также пустая строка, обозначающая отсутствие ограничения версии. По умолчанию версии не ограничиваются. Устанавливать максимальную возможную версию протокола полезно прежде всего для тестирования или в случае проблем при использовании нового протокола какими-то компонентами.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_dh_params_file` (string)

Задаёт имя файла с параметрами алгоритма Диффи-Хеллмана, применяемого для так называемого эфемерного семейства DH шифров SSL. По умолчанию значение пустое, то есть используются стандартные параметры DH, заданные при компиляции. Использование нестандартных параметров DH защищает от атаки, рассчитанной на взлом хорошо известных встроенных параметров DH. Создать собственный файл с параметрами DH можно, выполнив команду `openssl dhparam -out dhparams.pem 2048`.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_passphrase_command` (`string`)

Задаёт внешнюю команду, которая будет вызываться, когда потребуется пароль для расшифровывания SSL-файла, например закрытого ключа. По умолчанию этот параметр не определён, то есть пароль будет запрашиваться встроенным механизмом.

Эта команда должна вывести пароль на устройство стандартного вывода и завершиться с кодом 0. В строке параметра `%p` заменяется строкой приглашения. (Напишите `%%`, чтобы вывести `%` буквально.) Заметьте, что строка приглашения, вероятно, будет содержать пробелы, так что её нужно будет заключить в кавычки. Если в конце добавлен один перевод строки, он будет отфильтрован при выводе.

Эта команда не обязательно должна запрашивать пароль у пользователя. Она может считать его из файла, извлечь из системной связки ключей или получить другими подобными средствами. Ответственность за выбор достаточно безопасного механизма возлагается на пользователя.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_passphrase_command_supports_reload` (`boolean`)

Этот параметр определяет, будет ли заданная параметром `ssl_passphrase_command` команда, запрашивающая пароль, также вызываться при перезагрузке конфигурации, если для файла ключа требуется пароль. Когда этот параметр отключён (по умолчанию), команда `ssl_passphrase_command` будет игнорироваться при перезагрузке, и конфигурация SSL не будет обновляться, если требуется пароль. Это значение подходит для команды, требующей для ввода пароля наличия терминала TTY, который может быть недоступен в процессе работы сервера. Включение данного параметра может быть уместно, если, например, пароль считывается из файла.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.4. Потребление ресурсов

19.4.1. Память

`shared_buffers` (`integer`)

Задаёт объём памяти, который будет использовать сервер баз данных для буферов в разделяемой памяти. По умолчанию это обычно 128 мегабайт (`128MB`), но может быть и меньше, если конфигурация вашего ядра накладывает дополнительные ограничения (это определяется в процессе initdb). Это значение не должно быть меньше 128 килобайт. Однако для хорошей производительности обычно требуются гораздо большие значения. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Минимальное допустимое значение зависит от величины `BLCKSZ`. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Если вы используете выделенный сервер с объёмом ОЗУ 1 ГБ и более, разумным начальным значением `shared_buffers` будет 25% от объёма памяти. Существуют варианты нагрузки, при которых эффективны будут и ещё большие значения `shared_buffers`, но так как PostgreSQL использует и кеш операционной системы, выделять для `shared_buffers` более 40% ОЗУ вряд ли будет полезно. При увеличении `shared_buffers` обычно требуется соответственно увеличить `max_wal_size`, чтобы растянуть процесс записи большого объёма новых или изменённых данных на более продолжительное время.

В системах с объёмом ОЗУ меньше 1 ГБ стоит ограничиться меньшим процентом ОЗУ, чтобы оставить достаточно места операционной системе.

`huge_pages` (`enum`)

Определяет, будут ли огромные страницы запрашиваться из основной области общей памяти. Допустимые значения: `try` (по умолчанию), `on` и `off`. Когда параметр `huge_pages` равен `try`, сервер будет пытаться запрашивать огромные страницы, но если это ему не удастся, вернётся к стандартному поведению. Со значением `on`, если получить огромные страницы не удастся, сервер не будет запущен. Со значением `off` большие страницы не будут запрашиваться.

В настоящее время это поддерживается в Linux и в Windows. В других системах значение `try` просто игнорируется. В Linux эта поддержка обеспечивается, только когда параметр `shared_memory_type` имеет значение `mmap` (по умолчанию).

В результате использования огромных страниц уменьшаются таблицы страниц, и процессор тратит меньше времени на управление памятью, что приводит к увеличению быстродействия. За более подробной информацией об использовании огромных страниц в Linux обратитесь к Подразделу 18.4.5.

Огромные страницы в Windows называются большими страницами. Чтобы использовать их, необходимо дать пользователю Windows, от имени которого работает PostgreSQL, право блокировать страницы. Для назначения пользователю этого права вы можете воспользоваться средством управления групповой политикой Windows (gpedit.msc). Чтобы сервер баз данных запускался в командной строке как отдельный процесс, а не как служба Windows, приглашение командной строки должно запускаться от имени администратора или должен быть отключён механизм UAC (User Access Control, Контроль учётных записей пользователей). Когда UAC включён, в обычном командном приглашении пользователь лишается права блокировать большие страницы в памяти.

Заметьте, что этот параметр влияет только на основную область общей памяти. В операционных системах, таких как Linux, FreeBSD и Illumos огромные страницы (также называемые «суперстраницами» или «большими» страницами) могут также автоматически использоваться при обычном выделении памяти, без явного запроса со стороны PostgreSQL. В Linux это называется «прозрачными огромными страницами»(Transparent Huge Pages, THP). Известно, что это приводит к снижению быстродействия PostgreSQL в некоторых системах Linux у ряда пользователей, поэтому использовать этот механизм в настоящее время не рекомендуется (в отличие от явного использования `huge_pages`).

`temp_buffers` (`integer`)

Задаёт максимальный объём памяти, выделяемой для временных буферов в каждом сеансе. Эти существующие только в рамках сеанса буферы используются исключительно для работы с временными таблицами. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Значение по умолчанию — 8 мегабайт (`8MB`). (Если `BLCKSZ` отличен от 8 КБ, значение по умолчанию корректируется пропорционально.) Этот параметр можно изменить в отдельном сеансе, но только до первого обращения к временным таблицам; после этого изменения его значения не будут влиять на текущий сеанс.

Сеанс выделяет временные буферы по мере необходимости до достижения предела, заданного параметром `temp_buffers`. Если сеанс не задействует временные буферы, то для него хранятся только дескрипторы буферов, которые занимают около 64 байт (в количестве `temp_buffers`). Однако если буфер действительно используется, он будет дополнительно занимать 8192 байта (или `BLCKSZ` байт, в общем случае).

`max_prepared_transactions` (`integer`)

Задаёт максимальное число транзакций, которые могут одновременно находиться в «подготовленном» состоянии (см. PREPARE TRANSACTION). При нулевом значении (по умолчанию) механизм подготовленных транзакций отключается. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Если использовать транзакции не планируется, этот параметр следует обнулить, чтобы не допустить непреднамеренного создания подготовленных транзакций. Если же подготовленные транзакции применяются, то max_prepared_transactions, вероятно, должен быть не меньше, чем max_connections, чтобы подготовить транзакцию можно было в каждом сеансе.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

work_mem (integer)

Задаёт базовый максимальный объём памяти, который будет использоваться во внутренних операциях при обработке запросов (например, для сортировки или хеш-таблиц), прежде чем будут задействованы временные файлы на диске. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию — четыре мегабайта (4MB). Заметьте, что в сложных запросах одновременно могут выполняться несколько операций сортировки и хеширования, и при этом примерно этот объём памяти может использоваться в каждой операции, прежде чем данные начнут вытесняться во временные файлы. Кроме того, такие операции могут выполняться одновременно в разных сеансах. Таким образом, общий объём памяти может многократно превосходить значение work_mem; это следует учитывать, выбирая подходящее значение. Операции сортировки используются для ORDER BY, DISTINCT и соединений слиянием. Хеш-таблицы используются при соединениях и агрегировании по хешу, а также обработке подзапросов IN с применением хеша.

Операции вычисления хеша обычно более требовательны к памяти, чем равнозначные им операции сортировки. Поэтому ограничение памяти для хеш-таблиц определяется произведением work_mem и hash_mem_multiplier и может превышать обычный базовый объём work_mem.

hash_mem_multiplier (floating point)

Используется для определения максимального объёма памяти, который может выделяться для операций с хешированием. Итоговый объём определяется произведением work_mem и hash_mem_multiplier. Значение по умолчанию равно 1.0, то есть для операций с хешированием устанавливается тот же максимум, равный work_mem, что и для операций с сортировкой.

Значение hash_mem_multiplier имеет смысл увеличить, когда постоянно наблюдается вытеснение данных на диск при выполнении запросов, а прямолинейное увеличение work_mem приводит к дефициту памяти (обычно проявляющемуся в ошибках «нехватка памяти»). В этих случаях значение 1.5 или 2.0 может быть подходящим при смешанной нагрузке, а значение 2.0–8.0 может помочь там, где work_mem уже увеличено до 40 Мбайт или более.

maintenance_work_mem (integer)

Задаёт максимальный объём памяти для операций обслуживания БД, в частности VACUUM, CREATE INDEX и ALTER TABLE ADD FOREIGN KEY. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию — 64 мегабайта (64MB). Так как в один момент времени в сеансе может выполняться только одна такая операция и обычно они не запускаются параллельно, это значение вполне может быть гораздо больше work_mem. Увеличение этого значения может привести к ускорению операций очистки и восстановления БД из копии.

Учтите, что когда выполняется автоочистка, этот объём может быть выделен autovacuum_max_workers раз, поэтому не стоит устанавливать значение по умолчанию слишком большим. Возможно, будет лучше управлять объёмом памяти для автоочистки отдельно, изменяя autovacuum_work_mem.

Заметьте, что для сбора идентификаторов мёртвых кортежей VACUUM может использовать не более 1GB памяти.

autovacuum_work_mem (integer)

Задаёт максимальный объём памяти, который будет использовать каждый рабочий процесс автоочистки. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. При действующем по умолчанию значении -1 этот объём определяется значением maintenance_work_mem. Этот параметр не влияет на поведение команды VACUUM, выполняемой в других контекстах. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

Для сбора идентификаторов мёртвых кортежей автоочистка может использовать максимум 1GB памяти, поэтому увеличение autovacuum_work_mem до большего значения не повлияет на количество мёртвых кортежей, которые автоочистка может собрать при сканировании таблицы.

logical_decoding_work_mem (integer)

Задаёт максимальный объём памяти, используемой для логического декодирования, после превышения которого некоторые декодированные изменения будут вымещаться на локальный диск. Тем самым ограничивается объём памяти, используемой подключениями потоковой логической репликации. По умолчанию его значение — 64 мегабайта (64MB). Так как каждое подключение репликации использует один буфер заданного размера, а количество таких подключений к одному серверу обычно невелико (оно ограничивается значением max_wal_senders), значение данного параметра вполне можно сделать достаточно большим, намного превышающим work_mem, чтобы минимизировать объём вымещаемых на диск декодируемых изменений.

max_stack_depth (integer)

Задаёт максимальную безопасную глубину стека для исполнителя. В идеале это значение должно равняться предельному размеру стека, ограниченному ядром (который устанавливается командой ulimit -s или аналогичной), за вычетом запаса примерно в мегабайт. Этот запас необходим, потому что сервер проверяет глубину стека не в каждой процедуре, а только в потенциально рекурсивных процедурах, например, при вычислении выражений. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию — два мегабайта (2MB) — выбрано с большим запасом, так что риск переполнения стека минимален. Но с другой стороны, его может быть недостаточно для выполнения сложных функций. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Если max_stack_depth будет превышать фактический предел ядра, то функция с неограниченной рекурсией сможет вызвать крах отдельного процесса сервера. В системах, где PostgreSQL может определить предел, установленный ядром, он не позволит установить для этого параметра небезопасное значение. Однако эту информацию выдают не все системы, поэтому выбирать это значение следует с осторожностью.

shared_memory_type (enum)

Выбирает механизм разделяемой памяти, используя который сервер будет работать с основной областью общей памяти, содержащей общие буферы PostgreSQL и другие общие данные. Допустимые варианты: mmap (для выделения анонимных блоков разделяемой памяти с помощью mmap), sysv (для выделения разделяемой памяти System V функцией shmget) и windows (для выделения разделяемой памяти в Windows). Не все варианты поддерживаются на разных платформах; первый из поддерживаемых данной платформой вариантов становится для неё вариантом по умолчанию. Применять sysv, который нигде не выбирается по умолчанию, вообще не рекомендуется, так как для выделения большого объёма памяти (см. Подраздел 18.4.1) обычно требуется нестандартная настройка ядра.

dynamic_shared_memory_type (enum)

Выбирает механизм динамической разделяемой памяти, который будет использоваться сервером. Допустимые варианты: posix (для выделения разделяемой памяти POSIX функцией shm_open), sysv (для выделения разделяемой памяти System V функцией shmget), windows (для выделения разделяемой памяти в Windows) и mmap (для эмуляции разделяемой памяти через отображение в память файлов, хранящихся в каталоге данных). Не все варианты поддерживаются на разных платформах; первый из поддерживаемых данной платформой вариантов становится для неё вариантом по умолчанию. Применять `mmap`, который нигде не выбирается по умолчанию, вообще не рекомендуется, так как операционная система может периодически записывать на диск изменённые страницы, что создаст дополнительную нагрузку; однако это может быть полезно для отладки, когда каталог `pg_dynshmem` находится на RAM-диске или когда другие механизмы разделяемой памяти недоступны.

19.4.2. Диск

`temp_file_limit` (`integer`)

Задаёт максимальный объём дискового пространства, который сможет использовать один процесс для временных файлов, например, при сортировке и хешировании, или для сохранения удерживаемого курсора. Транзакция, которая попытается превысить этот предел, будет отменена. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение `-1` (по умолчанию) означает, что предел отсутствует. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр ограничивает общий объём, который могут занимать в момент времени все временные файлы, задействованные в данном процессе PostgreSQL. Следует отметить, что это *не* касается файлов явно создаваемых временных таблиц; ограничивается только объём временных файлов, которые создаются неявно при выполнении запросов.

19.4.3. Использование ресурсов ядра

`max_files_per_process` (`integer`)

Задаёт максимальное число файлов, которые могут быть одновременно открыты каждым серверным подпроцессом. Значение по умолчанию — 1000 файлов. Если ядро реализует безопасное ограничение по процессам, об этом параметре можно не беспокоиться. Но на некоторых платформах (а именно, в большинстве систем BSD) ядро позволяет отдельному процессу открыть больше файлов, чем могут открыть несколько процессов одновременно. Если вы столкнётесь с ошибками «Too many open files» (Слишком много открытых файлов), попробуйте уменьшить это число. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

19.4.4. Задержка очистки по стоимости

Во время выполнения команд VACUUM и ANALYZE система ведёт внутренний счётчик, в котором суммирует оцениваемую стоимость различных выполняемых операций ввода/вывода. Когда накопленная стоимость превышает предел (`vacuum_cost_limit`), процесс, выполняющий эту операцию, засыпает на некоторое время (`vacuum_cost_delay`). Затем счётчик сбрасывается и процесс продолжается.

Данный подход реализован для того, чтобы администраторы могли снизить влияние этих команд на параллельную работу с базой, за счёт уменьшения нагрузки на подсистему ввода-вывода. Очень часто не имеет значения, насколько быстро выполнятся команды обслуживания (например, `VACUUM` и `ANALYZE`), но очень важно, чтобы они как можно меньше влияли на выполнение других операций с базой данных. Администраторы имеют возможность управлять этим, настраивая задержку очистки по стоимости.

По умолчанию этот режим отключён для выполняемых вручную команд `VACUUM`. Чтобы включить его, нужно установить в `vacuum_cost_delay` ненулевое значение.

`vacuum_cost_delay` (`floating point`)

Продолжительность времени, в течение которого будет простаивать процесс, превысивший предел стоимости. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию равно нулю, то есть задержка очистки отсутствует. При положительных значениях интенсивность очистки будет зависеть от стоимости.

При настройке интенсивности очистки для `vacuum_cost_delay` обычно выбираются довольно небольшие значения, вплоть до 1 миллисекунды и меньше. Хотя в `vacuum_cost_delay` можно задавать дробные значения в миллисекундах, такие задержки могут быть неточными на старых платформах. На таких платформах для увеличения интенсивности `VACUUM` по сравнению с уровнем, обеспечиваемым при задержке 1 мс, потребуется настраивать другие параметры стоимости очистки. Тем не менее имеет смысл выбирать настолько малую задержку `vacuum_cost_delay`, насколько может обеспечить платформа; большие задержки не будут полезны.

`vacuum_cost_page_hit` (`integer`)

Примерная стоимость очистки буфера, оказавшегося в общем кеше. Это подразумевает блокировку пула буферов, поиск в хеш-таблице и сканирование содержимого страницы. По умолчанию этот параметр равен одному.

`vacuum_cost_page_miss` (`integer`)

Примерная стоимость очистки буфера, который нужно прочитать с диска. Это подразумевает блокировку пула буферов, поиск в хеш-таблице, чтение требуемого блока с диска и сканирование его содержимого. По умолчанию этот параметр равен 10.

`vacuum_cost_page_dirty` (`integer`)

Примерная стоимость очистки, при которой изменяется блок, не модифицированный ранее. В неё включается дополнительная стоимость ввода/вывода, связанная с записью изменённого блока на диск. По умолчанию этот параметр равен 20.

`vacuum_cost_limit` (`integer`)

Общая стоимость, при накоплении которой процесс очистки будет засыпать. По умолчанию этот параметр равен 200.

Примечание

Некоторые операции устанавливают критические блокировки и поэтому должны завершаться как можно быстрее. Во время таких операций задержка очистки по стоимости не осуществляется, так что накопленная за это время стоимость может намного превышать установленный предел. Во избежание ненужных длительных задержек в таких случаях, фактическая задержка вычисляется по формуле `vacuum_cost_delay` * `accumulated_balance` / `vacuum_cost_limit` и ограничивается максимумом, равным `vacuum_cost_delay` * 4.

19.4.5. Фоновая запись

В числе специальных процессов сервера есть процесс *фоновой записи*, задача которого — осуществлять запись «грязных» (новых или изменённых) общих буферов на диск. Когда количество чистых общих буферов считается недостаточным, данный процесс записывает грязные буферы в файловую систему и помечает их как чистые. Это снижает вероятность того, что серверные процессы, выполняющие запросы пользователей, не смогут найти чистые буферы и им придётся сбрасывать грязные буферы самостоятельно. Однако процесс фоновой записи увеличивает общую нагрузку на подсистему ввода/вывода, так как он может записывать неоднократно изменяемую страницу несколько раз, тогда как её можно было бы записать всего один раз в контрольной точке. Параметры, рассматриваемые в данном подразделе, позволяют настроить поведение фоновой записи для конкретных нужд.

`bgwriter_delay` (`integer`)

Задаёт задержку между раундами активности процесса фоновой записи. Во время раунда этот процесс осуществляет запись некоторого количества загрязнённых буферов (это настраивается следующими параметрами). Затем он засыпает на время `bgwriter_delay`, и всё повторяется снова. Однако если в пуле не остаётся загрязнённых буферов, он может быть неактивен более длительное время. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. По умолчанию этот параметр равен 200 миллисекундам (`200ms`). Заметьте, что во многих системах разрешение таймера составляет 10 мс, поэтому если задать в `bgwriter_delay` значение, не кратное 10, фактически будет получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_lru_maxpages` (`integer`)

Задаёт максимальное число буферов, которое сможет записать процесс фоновой записи за раунд активности. При нулевом значении фоновая запись отключается. (Учтите, что на контрольные точки, которые управляются отдельным вспомогательным процессом, это не влияет.) По умолчанию значение этого параметра — 100 буферов. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_lru_multiplier` (`floating point`)

Число загрязнённых буферов, записываемых в очередном раунде, зависит от того, сколько новых буферов требовалось серверным процессам в предыдущих раундах. Средняя недавняя потребность умножается на `bgwriter_lru_multiplier` и предполагается, что именно столько буферов потребуется на следующем раунде. Процесс фоновой записи будет записывать на диск и освобождать буферы, пока число чистых буферов не достигнет целевого значения. (При этом число буферов, записываемых за раунд, ограничивается сверху параметром `bgwriter_lru_maxpages`.) Таким образом, со множителем, равным 1.0, записывается ровно столько буферов, сколько требуется по предположению («точно по плану»). Увеличение этого множителя даёт некоторую страховку от резких скачков потребностей, тогда как уменьшение отражает намерение оставить некоторый объём записи для серверных процессов. По умолчанию он равен 2.0. Этот параметр можно установить только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_flush_after` (`integer`)

Когда процессом фоновой записи записывается больше заданного объёма данных, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении `fsync` в конце контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими порциями в фоне. Часто это значительно уменьшает задержки транзакций, но бывают ситуации (особенно когда объём рабочей нагрузки больше shared_buffers, но меньше страничного кеша ОС), когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Если значение параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Он может принимать значение от `0` (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 мегабайт (`2MB`). Значение по умолчанию — `512kB` в Linux и `0` в других ОС. (Если `BLCKSZ` отличен от 8 КБ, значение по умолчанию и максимум корректируются пропорционально.) Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

С маленькими значениями `bgwriter_lru_maxpages` и `bgwriter_lru_multiplier` уменьшается активность ввода/вывода со стороны процесса фоновой записи, но увеличивается вероятность того, что запись придётся производить непосредственно серверным процессам, что замедлит выполнение запросов.

19.4.6. Асинхронное поведение

`effective_io_concurrency` (`integer`)

Задаёт допустимое число параллельных операций ввода/вывода, которое говорит PostgreSQL о том, сколько операций ввода/вывода могут быть выполнены одновременно. Чем больше это число, тем больше операций ввода/вывода будет пытаться выполнить параллельно PostgreSQL в отдельном сеансе. Допустимые значения лежат в интервале от 1 до 1000, а нулевое значение отключает асинхронные запросы ввода/вывода. В настоящее время этот параметр влияет только на сканирование по битовой карте.

Для магнитных носителей хорошим начальным значением этого параметра будет число отдельных дисков, составляющих массив RAID 0 или RAID 1, в котором размещена база данных. (Для RAID 5 следует исключить один диск (как диск с чётностью).) Однако если база данных часто обрабатывает множество запросов в различных сеансах, и при небольших значениях дисковый массив может быть полностью загружен. Если продолжать увеличивать это значение при полной загрузке дисков, это приведёт только к увеличению нагрузки на процессор. Диски SSD и другие виды хранилища в памяти часто могут обрабатывать множество параллельных запросов, так что оптимальным числом может быть несколько сотен.

Асинхронный ввод/вывод зависит от эффективности функции `posix_fadvise`, которая отсутствует в некоторых операционных системах. В случае её отсутствия попытка задать для этого параметра любое ненулевое значение приведёт к ошибке. В некоторых системах (например, в Solaris), эта функция присутствует, но на самом деле ничего не делает.

Значение по умолчанию равно 1 в системах, где это поддерживается, и 0 в остальных. Это значение можно переопределить для таблиц в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. ALTER TABLESPACE).

`maintenance_io_concurrency` (`integer`)

Этот параметр подобен `effective_io_concurrency`, но используется для операций обслуживания, которые выполняются в различных клиентских сеансах.

Значение по умолчанию равно 10 в системах, где это поддерживается, и 0 в остальных. Это значение можно переопределить для таблиц в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. ALTER TABLESPACE).

`max_worker_processes` (`integer`)

Задаёт максимальное число фоновых процессов, которое можно запустить в текущей системе. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Значение по умолчанию — 8.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

Одновременно с изменением этого значения также может быть полезно изменить max_parallel_workers, max_parallel_maintenance_workers и max_parallel_workers_per_gather.

`max_parallel_workers_per_gather` (`integer`)

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которые могут запускаться одним узлом `Gather` или `Gather Merge`. Параллельные рабочие процессы берутся из пула процессов, контролируемого параметром max_worker_processes, в количестве, ограничиваемом значением max_parallel_workers. Учтите, что запрошенное количество рабочих процессов может быть недоступно во время выполнения. В этом случае план будет выполняться с меньшим числом процессов, что может быть неэффективно. Значение по умолчанию — 2. Значение 0 отключает параллельное выполнение запросов.

Учтите, что параллельные запросы могут потреблять значительно больше ресурсов, чем не параллельные, так как каждый рабочий процесс является отдельным процессом и оказывает на систему примерно такое же влияние, как дополнительный пользовательский сеанс. Это следует учитывать, выбирая значение этого параметра, а также настраивая другие параметры, управляющие использованием ресурсов, например work_mem. Ограничения ресурсов, такие как `work_mem`, применяются к каждому рабочему процессу отдельно, что означает, что общая нагрузка для всех процессов может оказаться гораздо больше, чем при обычном использовании одного процесса. Например, параллельный запрос, задействующий 4 рабочих процесса, может использовать в 5 раз больше времени процессора, объёма памяти, ввода/вывода и т. д., по сравнению с запросом, не задействующим рабочие процессы вовсе.

За дополнительными сведениями о параллельных запросах обратитесь к Главе 15.

max_parallel_maintenance_workers (integer)

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которые могут запускаться одной служебной командой. В настоящее время параллельные процессы может использовать только CREATE INDEX при построении индекса-B-дерева и VACUUM без указания FULL. Параллельные рабочие процессы берутся из пула процессов, контролируемого параметром max_worker_processes, в количестве, ограничиваемом значением max_parallel_workers. Учтите, что запрошенное количество рабочих процессов может быть недоступно во время выполнения. В этом случае служебная операция будет выполняться с меньшим числом процессов, чем ожидалось. Значение по умолчанию — 2. Значение 0 отключает использование параллельных исполнителей служебными командами.

Заметьте, что параллельно выполняемые служебные команды не должны потреблять значительно больше памяти, чем равнозначные непараллельные операции. Это отличает их от параллельных запросов, при выполнении которых ограничения ресурсов действуют на отдельные рабочие процессы. Для параллельных служебных команд ограничение ресурсов maintenance_work_mem считается действующим на команду в целом, вне зависимости от числа параллельных рабочих процессов. Тем не менее параллельные служебные команды могут гораздо больше нагружать процессор и каналы ввода/вывода.

max_parallel_workers (integer)

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которое система сможет поддерживать для параллельных операций. Значение по умолчанию — 8. При увеличении или уменьшения этого значения также может иметь смысл скорректировать max_parallel_maintenance_workers и max_parallel_workers_per_gather. Заметьте, что значение данного параметра, превышающее max_worker_processes, не будет действовать, так как параллельные рабочие процессы берутся из пула рабочих процессов, ограничиваемого этим параметром.

backend_flush_after (integer)

Когда одним обслуживающим процессом записывается больше заданного объёма данных, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении fsync в конце контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими порциями в фоне. Часто это значительно сокращает задержки транзакций, но бывают ситуации (особенно когда объём рабочей нагрузки больше shared_buffers, но меньше страничного кеша ОС), когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Если значение параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен BLCKSZ байт, обычно это 8 КБ). Он может принимать значение от 0 (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 мегабайт (2MB). По умолчанию он имеет значение 0, то есть это поведение отключено. (Если BLCKSZ отличен от 8 КБ, максимальное значение корректируется пропорционально.)

old_snapshot_threshold (integer)

Задаёт минимальное время, в течение которого можно пользоваться снимком состояния для запроса без риска получить ошибку снимок слишком стар. Данные, потерявшие актуальность и пребывающие в этом состоянии дольше заданного времени, могут быть вычищены. Это предотвращает раздувание из-за снимков, которые остаются задействованными долгое время. Во избежание получения некорректных результатов из-за очистки данных, которые должны были бы наблюдаться в таком снимке, клиенту будет выдана ошибка, если возраст снимка превысит заданный предел и из этого снимка будет запрошена страница, изменённая со времени его создания.

Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в минутах. Значение -1 (по умолчанию) отключает это поведение, фактически делая предельный срок снимков бесконечным. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Полезные для производственной среды значения могут лежать в интервале от нескольких часов до нескольких дней. Минимальные значения (как например, 0 или 1min) допускаются только потому, что они могут быть полезны при тестировании. Хотя допустимым будет и значение `60d` (60 дней), учтите, что при многих видах нагрузки критичное раздувание базы или зацикливание идентификаторов транзакций может происходить в намного меньших временных отрезках.

Когда это ограничение действует, освобождённое пространство в конце отношения не может быть отдано операционной системе, так как при этом будет удалена информация, необходимая для выявления условия «снимок слишком стар». Всё пространство, выделенное отношению, останется связанным с ним до тех пор, пока не будет освобождено явно (например, с помощью команды `VACUUM FULL`).

Установка этого параметра не гарантирует, что обозначенная ошибка будет выдаваться при всех возможных обстоятельствах. На самом деле, если можно получить корректные результаты, например, из курсора, материализовавшего результирующий набор, ошибка не будет выдана, даже если нижележащие строки в целевой таблице были ликвидированы при очистке. Некоторые таблицы, например системные каталоги, не могут быть безопасно очищены в сжатые сроки, так что на них этот параметр не распространяется. Для таких таблиц этот параметр не сокращает раздувание, но и не чреват ошибкой «снимок слишком стар» при сканировании.

19.5. Журнал предзаписи

За дополнительной информацией о настройке этих параметров обратитесь к Разделу 29.4.

19.5.1. Параметры

`wal_level` (`enum`)

Параметр `wal_level` определяет, как много информации записывается в WAL. Со значением `replica` (по умолчанию) в журнал записываются данные, необходимые для поддержки архивирования WAL и репликации, включая запросы только на чтение на ведомом сервере. Вариант `minimal` оставляет только информацию, необходимую для восстановления после сбоя или аварийного отключения. Наконец, `logical` добавляет информацию, требующуюся для поддержки логического декодирования. Каждый последующий уровень включает информацию, записываемую на всех уровнях ниже. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

На уровне `minimal` генерируется минимальный объём WAL. В журнал не записывается информация о производимых до конца транзакции операциях с постоянными отношениями, созданными или перезаписанными в данной транзакции. Это позволяет значительно ускорить такие операции (см. Подраздел 14.4.7). Такая оптимизация включается после следующих команд:

`ALTER ... SET TABLESPACE`
`CLUSTER`
`CREATE TABLE`
`REFRESH MATERIALIZED VIEW` (без `CONCURRENTLY`)
`REINDEX`
`TRUNCATE`

Однако минимальный журнал не будет содержать достаточно информации для восстановления данных из базовой копии и журналов, поэтому для реализации стратегии архивации WAL (см. archive_mode) и потоковой репликации необходим уровень `replica` или более высокий.

На уровне `logical` в журнал записывается та же информация, что и на уровне `replica`, плюс информация, необходимая для извлечения из журнала наборов логических изменений. Повышение уровня до `logical` приводит к значительному увеличению объёма WAL, особенно если многие таблицы имеют характеристику `REPLICA IDENTITY FULL` и выполняется множество команд `UPDATE` и `DELETE`.

В выпусках до 9.6 для этого параметра допускались значения `archive` и `hot_standby`. Эти значения по-прежнему принимаются, но теперь отображаются в значение `replica`.

`fsync` (`boolean`)

Если этот параметр установлен, сервер PostgreSQL старается добиться, чтобы изменения были записаны на диск физически, выполняя системные вызовы `fsync()` или другими подобными методами (см. wal_sync_method). Это даёт гарантию, что кластер баз данных сможет вернуться в согласованное состояние после сбоя оборудования или операционной системы.

Хотя отключение `fsync` часто даёт выигрыш в скорости, это может привести к неисправимой порче данных в случае отключения питания или сбоя системы. Поэтому отключать `fsync` рекомендуется, только если вы легко сможете восстановить всю базу из внешнего источника.

В качестве примеров, когда отключение `fsync` неопасно, можно привести начальное наполнение нового кластера данными из копии, обработку массива данных, после которой базу данных можно удалить и создать заново, либо эксплуатацию копии базы данных только для чтения, которая регулярно пересоздаётся и не используется для отработки отказа. Качественное оборудование само по себе не является достаточной причиной для отключения `fsync`.

При смене значения `fsync` с off на on для надёжного восстановления также необходимо сбросить все изменённые буферы из ядра в надёжное хранилище. Это можно сделать, когда сервер остановлен или когда режим `fsync` включён, с помощью команды `initdb --sync-only`, либо выполнить команду `sync`, размонтировать файловую систему или перезагрузить сервер.

Во многих случаях отключение synchronous_commit для некритичных транзакций может дать больший выигрыш в скорости, чем отключение `fsync`, при этом не добавляя риски повреждения данных.

Параметр `fsync` можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Если вы отключаете этот параметр, возможно, имеет смысл отключить также и full_page_writes.

`synchronous_commit` (`enum`)

Определяет, после завершения какого уровня обработки WAL сервер будет сообщать об успешном выполнении операции. Допустимые значения: `remote_apply` (применено удалённо), `on` (вкл., по умолчанию), `remote_write` (записано удалённо), `local` (локально) и `off` (выкл.).

Если значение `synchronous_standby_names` не задано, для данного параметра имеют смысл только значения `on` и `off`; с вариантами `remote_apply`, `remote_write` и `local` будет выбран тот же уровень синхронизации, что и с `on`. Локальное действие всех отличных от `off` режимов заключается в ожидании локального сброса WAL на диск. В режиме `off` ожидание отсутствует, поэтому может образоваться окно от момента, когда клиент узнаёт об успешном завершении, до момента, когда транзакция действительно гарантированно защищена от сбоя. (Максимальный размер окна равен тройному значению wal_writer_delay.) В отличие от fsync, значение `off` этого параметра не угрожает целостности данных: сбой операционной системы или базы данных может привести к потере последних транзакций, считавшихся зафиксированными, но состояние базы данных будет точно таким же, как и в случае штатного прерывания этих транзакций. Поэтому выключение режима `synchronous_commit` может быть полезной альтернативой отключению fsync, когда производительность важнее, чем надёжная гарантия сохранности каждой транзакции. Подробнее это обсуждается в Разделе 29.3.

Если значение synchronous_standby_names не пустое, параметр `synchronous_commit` также определяет, должен ли сервер при фиксировании транзакции ждать, пока соответствующие записи WAL будут обработаны на ведомом сервере (серверах).

Со значением `remote_apply` фиксирование завершается только после получения ответов от текущих синхронных ведомых серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции, сохранили её в надёжном хранилище, а также применили транзакцию, так что она стала видна для запросов на этих серверах. С таким вариантом задержка при фиксировании оказывается больше, так как необходимо дожидаться воспроизведения WAL. Со значением `on` фиксирование завершается только после получения ответов от текущих синхронных ведомых серверов, подтверждающих, что они получили запись о фиксировании транзакции и передали её в надёжном хранилище. Это гарантирует, что транзакция не будет потеряна, если только база данных не будет повреждена и на ведущем, и на всех синхронных ведомых серверах. Со значением `remote_write` фиксирование завершается после получения ответов от текущих синхронных серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции и сохранили её в своих ФС. Этот вариант позволяет гарантировать сохранность данных в случае отказа ведомого сервера PostgreSQL, но не в случае сбоя на уровне ОС, так как данные могут ещё не достичь надёжного хранилища на этом сервере. Со значением `local` фиксирование завершается после локального сброса данных, не дожидаясь репликации. Обычно это нежелательный вариант при синхронной репликации, но он представлен для полноты.

Этот параметр можно изменить в любое время; поведение каждой конкретной транзакции определяется значением, действующим в момент её фиксирования. Таким образом, есть возможность и смысл фиксировать некоторые транзакции синхронно, а другие — асинхронно. Например, чтобы зафиксировать одну транзакцию из нескольких команд асинхронно, когда по умолчанию выбран противоположный вариант, выполните в этой транзакции `SET LOCAL synchronous_commit TO OFF`.

Характеристики различных значений `synchronous_commit` сведены в Таблице 19.1.

Таблица 19.1. Режимы synchronous_commit

значение synchronous_commit	гарантированная локальная фиксация	гарантированная фиксация на ведомом после сбоя PG	гарантированная фиксация на ведомом после сбоя ОС	согласованность запросов на ведомом
remote_apply	•	•	•	•
on	•	•	•	
remote_write	•	•		
local	•			
off				

`wal_sync_method` (enum)

Метод, применяемый для принудительного сохранения изменений WAL на диске. Если режим `fsync` отключён, данный параметр не действует, так как принудительное сохранение изменений WAL не производится вовсе. Возможные значения этого параметра:

- `open_datasync` (для сохранения файлов WAL открывать их функцией `open()` с параметром `O_DSYNC`)
- `fdatasync` (вызывать `fdatasync()` при каждом фиксировании)
- `fsync` (вызывать `fsync()` при каждом фиксировании)
- `fsync_writethrough` (вызывать `fsync()` при каждом фиксировании, форсируя сквозную запись кеша)
- `open_sync` (для сохранения файлов WAL открывать их функцией `open()` с параметром `O_SYNC`)

Варианты `open_*` также применяют флаг `O_DIRECT`, если он доступен. Не все эти методы поддерживается в разных системах. По умолчанию выбирается первый из этих методов, который поддерживается текущей системой, с одним исключением — в Linux и FreeBSD по умолчанию выбирается `fdatasync`. Выбираемый по умолчанию вариант не обязательно будет идеальным; в зависимости от требований к отказоустойчивости или производительности может потребоваться скорректировать выбранное значение или внести другие изменения в конфигурацию вашей системы. Соответствующие аспекты конфигурации рассматриваются в Разделе 29.1. Этот параметр можно задать только в файле postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

full_page_writes (boolean)

Когда этот параметр включён, сервер PostgreSQL записывает в WAL всё содержимое каждой страницы при первом изменении этой страницы после контрольной точки. Это необходимо, потому что запись страницы, прерванная при сбое операционной системы, может выполниться частично, и на диске окажется страница, содержащая смесь старых данных с новыми. При этом информации об изменениях на уровне строк, которая обычно сохраняется в WAL, будет недостаточно для получения согласованного содержимого такой страницы при восстановлении после сбоя. Сохранение образа всей страницы гарантирует, что страницу можно восстановить корректно, ценой увеличения объёма данных, которые будут записываться в WAL. (Так как воспроизведение WAL всегда начинается от контрольной точки, достаточно сделать это при первом изменении каждой страницы после контрольной точки. Таким образом, уменьшить затраты на запись полных страниц можно, увеличив интервалы контрольных точек.)

Отключение этого параметра ускоряет обычные операции, но может привести к неисправимому повреждению или незаметной порче данных после сбоя системы. Так как при этом возникают практически те же риски, что и при отключении fsync, хотя и в меньшей степени, отключать его следует только при тех же обстоятельствах, которые перечислялись в рекомендациях для вышеописанного параметра.

Отключение этого параметра не влияет на возможность применения архивов WAL для восстановления состояния на момент времени (см. Раздел 25.3).

Этот параметр можно задать только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр имеет значение on.

wal_log_hints (boolean)

Когда этот параметр имеет значение on, сервер PostgreSQL записывает в WAL всё содержимое каждой страницы при первом изменении этой страницы после контрольной точки, даже при второстепенных изменениях так называемых вспомогательных битов.

Если включён расчёт контрольных сумм данных, изменения вспомогательных битов всегда проходят через WAL и этот параметр игнорируется. С помощью этого параметра можно проверить, насколько больше дополнительной информации записывалось бы в журнал, если бы для базы данных был включён подсчёт контрольных сумм.

Этот параметр можно задать только при запуске сервера. По умолчанию он имеет значение off.

wal_compression (boolean)

Когда этот параметр имеет значение on, сервер PostgreSQL сжимает образ полной страницы, записываемый в WAL, когда включён режим full_page_writes или при создании базовой копии. Сжатый образ страницы будет развёрнут при воспроизведении WAL. Значение по умолчанию — off. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр позволяет без дополнительных рисков повреждения данных уменьшить объём WAL, ценой дополнительной нагрузки на процессор, связанной со сжатием данных при записи в WAL и разворачиванием их при воспроизведении WAL.

wal_init_zero (boolean)

Если этот параметр включён (on), создаваемые файлы WAL заполняются нулями. В ряде файловых систем благодаря этому заранее выделяется пространство, которое потребуется для записи WAL. Однако с файловыми системами, работающими по принципу COW (*Copy-On-Write*, Копирование при записи), это может быть бессмысленно, поэтому данный параметр позволяет отключить в данном случае неэффективное поведение. Со значением `off` в создаваемый файл записывается только последний байт, чтобы файл WAL сразу обрёл желаемый размер.

`wal_recycle` (`boolean`)

Если этот параметр имеет значение `on` (по умолчанию), файлы WAL используются повторно (для этого они переименовываются), что избавляет от необходимости создавать новые файлы. В файловых системах COW может быть быстрее создать новые файлы, поэтому данный параметр позволяет отключить это поведение.

`wal_buffers` (`integer`)

Объём разделяемой памяти, который будет использоваться для буферизации данных WAL, ещё не записанных на диск. Значение по умолчанию, равное -1, задаёт размер, равный 1/32 (около 3%) от shared_buffers, но не меньше чем `64 КБ` и не больше чем размер одного сегмента WAL (обычно `16 МБ`). Это значение можно задать вручную, если выбираемое автоматически слишком мало или велико, но при этом любое положительное число меньше `32 КБ` будет восприниматься как `32 КБ`. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках WAL (размер которых равен `XLOG_BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Содержимое буферов WAL записывается на диск при фиксировании каждой транзакции, так что очень большие значения вряд ли принесут значительную пользу. Однако значение как минимум в несколько мегабайт может увеличить быстродействие при записи на нагруженном сервере, когда сразу множество клиентов фиксируют транзакции. Автонастройка, действующая при значении по умолчанию (-1), в большинстве случаев выбирает разумные значения.

`wal_writer_delay` (`integer`)

Определяет, с какой периодичностью процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. После очередного сброса WAL он делает паузу, длительность которой задаётся параметром `wal_writer_delay`, но может быть пробуждён асинхронно фиксируемой транзакцией. Если предыдущая операция сброса имела место в течение заданного параметром `wal_writer_delay` времени и полученный за это время объём WAL не достиг значения `wal_writer_flush_after`, данные WAL только передаются ОС, но не сбрасываются на диск. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию — 200 миллисекунд (`200ms`). Заметьте, что во многих системах разрешение таймера паузы составляет 10 мс; если задать в `wal_writer_delay` значение, не кратное 10, может быть получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`wal_writer_flush_after` (`integer`)

Определяет, при каком объёме процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. Если предыдущая операция сброса имела место в течение заданного параметром `wal_writer_delay` времени и полученный после неё объём WAL не достиг значения `wal_writer_flush_after`, данные WAL только передаются ОС, но не сбрасываются на диск. Если `wal_writer_flush_after` равен `0`, WAL сбрасывается на диск немедленно. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках WAL (размер которых равен `XLOG_BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Значение по умолчанию — 1 мегабайт (`1MB`). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`wal_skip_threshold` (`integer`)

Когда выбран `wal_level minimal` и фиксируется транзакция, которая создавала или перезаписывала постоянное отношение, этот параметр определяет, как будут сохраняться новые данные. Если объём данных меньше заданного значения, они будут записываться в журнал WAL; в противном случае затронутые файлы просто синхронизируются с ФС. Изменение этого параметра в зависимости от характеристик вашего хранилища может быть полезным, если при фиксировании такой транзакции наблюдается замедление других транзакций. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию — два мегабайта (`2MB`).

`commit_delay` (`integer`)

Параметр `commit_delay` добавляет паузу перед собственно выполнением сохранения WAL. Эта задержка может увеличить быстродействие при фиксировании множества транзакций, позволяя зафиксировать большее число транзакций за одну операцию сохранения WAL, если система нагружена достаточно сильно и за заданное время успевают зафиксироваться другие транзакции. Однако этот параметр также увеличивает задержку максимум до `commit_delay` при каждом сохранении WAL. Эта задержка окажется бесполезной, если никакие другие транзакции не будут зафиксированы за это время, поэтому она добавляется, только если в момент запроса сохранения WAL активны как минимум `commit_siblings` других транзакций. Кроме того, эти задержки не добавляются при выключенном `fsync`. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в микросекундах. По умолчанию значение `commit_delay` равно нулю (задержка отсутствует). Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

В PostgreSQL до версии 9.3, параметр `commit_delay` работал по-другому и не так эффективно: он задерживал только фиксирование транзакций, а не все операции сохранения WAL, и заданная пауза выдерживалась полностью, даже если WAL удавалось сохранить быстрее. Начиная с версии 9.3, заданное время ожидает только первый процесс, готовый произвести сохранение, тогда как все последующие процессы ждут только, когда он закончит эту операцию.

`commit_siblings` (`integer`)

Минимальное число одновременно открытых транзакций, при котором будет добавляться задержка `commit_delay`. Чем больше это значение, тем больше вероятность, что минимум одна транзакция окажется готовой к фиксированию за время задержки. По умолчанию это число равно пяти.

19.5.2. Контрольные точки

`checkpoint_timeout` (`integer`)

Максимальное время между автоматическими контрольными точками в WAL. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. Допускаются значения от 30 секунд до одного дня. Значение по умолчанию — пять минут (`5min`). Увеличение этого параметра может привести к увеличению времени, которое потребуется для восстановления после сбоя. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`checkpoint_completion_target` (`floating point`)

Задаёт целевое время для завершения процедуры контрольной точки, как коэффициент для общего времени между контрольными точками. По умолчанию это значение равно 0.5. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`checkpoint_flush_after` (`integer`)

Когда в процессе контрольной точки записывается больше заданного объёма данных, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении `fsync` в конце контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими порциями в фоне. Часто это значительно уменьшает задержки транзакций, но бывают ситуации (особенно когда объём рабочей нагрузки больше shared_buffers, но меньше страничного кеша ОС), когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Если значение параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Он может принимать значение от `0` (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 мегабайт (`2MB`). Значение по умолчанию — `256kB` в Linux и `0` в других ОС. (Если `BLCKSZ` отличен от 8 КБ, значение по умолчанию и максимум корректируются пропорционально.) Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

checkpoint_warning (integer)

Записывать в журнал сервера сообщение в случае, если контрольные точки, вызванные заполнением файлов сегментов WAL, выполняются быстрее, чем через заданное время (что говорит о том, что нужно увеличить max_wal_size). Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. Значение по умолчанию равно 30 секундам (30s). При нуле это предупреждение отключается. Если checkpoint_timeout меньше чем checkpoint_warning, предупреждения так же не будут выводиться. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

max_wal_size (integer)

Максимальный размер, до которого может вырастать WAL во время автоматических контрольных точек. Это мягкий предел; размер WAL может превышать max_wal_size при особых обстоятельствах, например при большой нагрузке, сбое в archive_command или при большом значении wal_keep_size. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в мегабайтах. Значение по умолчанию — 1 ГБ. Увеличение этого параметра может привести к увеличению времени, которое потребуется для восстановления после сбоя. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

min_wal_size (integer)

Пока WAL занимает на диске меньше этого объёма, старые файлы WAL в контрольных точках всегда перерабатываются, а не удаляются. Это позволяет зарезервировать достаточно места для WAL, чтобы справиться с резкими скачками использования WAL, например, при выполнении больших пакетных заданий. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в мегабайтах. Значение по умолчанию — 80 МБ. Этот параметр можно установить только в postgresql.conf или в командной строке сервера.

19.5.3. Архивация

archive_mode (enum)

Когда параметр archive_mode включён, полные сегменты WAL передаются в хранилище архива командой archive_command. Помимо значения off (выключающего архивацию) есть ещё два: on (вкл.) и always (всегда). В обычном состоянии эти два режима не различаются, но в режиме always архивация WAL активна и во время восстановления архива, и при использовании ведомого сервера. В этом режиме все файлы, восстановленные из архива или полученные при потоковой репликации, будут архивироваться (снова). За подробностями обратитесь к Подразделу 26.2.9.

Параметры archive_mode и archive_command разделены, чтобы команду архивации (archive_command) можно было изменять, не отключая режим архивации. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Режим архивации нельзя включить, когда установлен минимальный уровень WAL (wal_level имеет значение minimal).

archive_command (string)

Команда локальной оболочки, которая будет выполняться для архивации завершённого сегмента WAL. Любое вхождение %p в этой строке заменяется путём архивируемого файла, а вхождение %f заменяется только его именем. (Путь задаётся относительно рабочего каталога сервера, то есть каталога данных кластера.) Чтобы вставить в команду символ %, его нужно записать как %%. Важно, чтобы команда возвращала нулевой код, только если она завершается успешно. За дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 25.3.1.

Этот параметр можно задать только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. Если режим архивации (archive_mode) не был включён при запуске, этот параметр игнорируется. Если значение archive_command — пустая строка (по умолчанию), но archive_mode включён, архивация WAL временно отключается, но сервер продолжает накапливать файлы сегментов WAL в ожидании, что команда будет вскоре определена. Если в качестве `archive_command` задать команду, которая ничего не делает, но сообщает об успешном завершении, например `/bin/true` (или `REM` в Windows), архивация по сути отключается, но при этом нарушается цепочка файлов WAL, необходимых для восстановления архива, поэтому такой вариант следует использовать только в особых случаях.

`archive_timeout` (`integer`)

Команда archive_command вызывается только для завершённых сегментов WAL. Поэтому, если ваш сервер записывает мало данных WAL (или это наблюдается в некоторые периоды времени), от завершения транзакции до надёжного сохранения её в архивном хранилище может пройти довольно много времени. Для ограничения времени существования неархивированных данных можно установить значение `archive_timeout`, чтобы сервер периодически переключался на новый файл сегмента WAL. Когда этот параметр больше нуля, сервер будет переключаться на новый файл сегмента, если с момента последнего переключения на новый файл прошло заданное время и наблюдалась какая-то активность базы данных, даже если это была просто контрольная точка. (Контрольные точки пропускаются, если в базе отсутствует активность). Заметьте, что архивируемые файлы, закрываемые досрочно из-за принудительного переключения, всё равно будут иметь тот же размер, что и полностью заполненные. Поэтому устанавливать для `archive_timeout` очень маленькое значение неразумно — это ведёт к раздуванию архивного хранилища. Обычно для `archive_timeout` имеет смысл задавать значение около минуты. Если вам нужно, чтобы данные копировались с главного сервера быстрее, вам следует подумать о переходе от архивации к потоковой репликации. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.5.4. Восстановление из архива

В этом разделе описываются параметры, действующие только в процессе восстановления. Они должны сбрасываться для любой последующей операции восстановления.

Под «восстановлением» здесь понимается и использование сервера в качестве ведомого, и выполнение целевого восстановления данных. Обычно ведомые серверы используется для обеспечения высокой степени доступности и/или масштабируемости чтения, тогда как целевое восстановление производится в случае потери данных.

Чтобы запустить сервер в режиме ведомого, создайте в каталоге данных файл `standby.signal`. Сервер перейдёт к восстановлению и останется в этом состоянии и по достижении конца заархивированного WAL, чтобы осуществлять восстановление дальше. Для этого он подключится к передающему серверу, используя параметры в `primary_conninfo`, или будет получать новые сегменты WAL с помощью команды `restore_command`. Применительно к данному режиму представляют интерес параметры, описанные в этом разделе и в Подразделе 19.6.3. Параметры, описанные в Подраздел 19.5.5, также будут действовать, хотя для данного режима они вряд ли будут полезными.

Чтобы запустить сервер в режиме целевого восстановления, создайте в каталоге данных `recovery.signal`. В случае одновременного существования файлов `standby.signal` и `recovery.signal` предпочтение отдаётся режиму ведомого. Режим целевого восстановления завершается после полного воспроизведения WAL из архива или при достижении целевой точки (`recovery_target`). В данном режиме используются параметры, описанные в этом разделе и в Подразделе 19.5.5.

`restore_command` (`string`)

Команда оболочки ОС, которая выполняется для извлечения архивного сегмента из набора файлов WAL. Этот параметр требуется для восстановления из архива, но необязателен для потоковой репликации. Любое вхождение `%f` в строке заменяется именем извлекаемого из архива файла, а `%p` заменяется на путь назначения на сервере. (Путь указывается относительно текущего рабочего каталога, т. е. относительно каталога хранения данных кластера.) Любое вхождение `%r` заменяется на имя файла, в котором содержится последняя действительная точка восстановления. Это самый ранний файл, который требуется хранить для возможности восстановления; зная его имя, размер архива можно уменьшить до минимально необходимого. `%r` обычно используется при организации тёплого резерва (см. Раздел 26.2). Для того чтобы указать символ %, продублируйте его (%%).

Обратите внимание, что команда должна возвращать ноль на выходе лишь в случае успешного выполнения. Команде *будут* поступать имена файлов, отсутствующих в архиве; в этом случае она должна возвращать ненулевой статус. Примеры:

```
restore_command = 'cp /mnt/server/archivedir/%f "%p"'
restore_command = 'copy "C:\\server\\archivedir\\%f" "%p"'  # Windows
```

В случае прерывания команды сигналом (отличным от SIGTERM, который используется для остановки сервера баз данных) или при возникновении ошибки оболочки (например, если команда не найдена), процесс восстановления будет остановлен и сервер не запустится.

Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`archive_cleanup_command` (`string`)

Этот необязательный параметр указывает команду оболочки ОС, которая будет вызываться при каждой точке перезапуска. Назначение команды `archive_cleanup_command` — предоставить механизм очистки от старых архивных файлов WAL, которые более не нужны на ведомом сервере. Любое вхождение `%r` заменяется на имя файла, содержащего последнюю действительную точку перезапуска. Это самый ранний файл, который необходимо *хранить* для возможности восстановления, а более старые файлы вполне можно удалить. Эта информация может быть использована для усечения архива с целью его минимизации при сохранении возможности последующего восстановления из заданной точки. Модуль pg_archivecleanup часто используется в качестве `archive_cleanup_command` в конфигурациях с одним ведомым сервером, например:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup /mnt/server/archivedir %r'
```

Стоит обратить внимание, что в конфигурациях с множеством ведомых серверов, использующих общий архивный каталог для восстановления, необходимо контролировать удаление файлов WAL, так как они могут ещё быть нужны некоторым серверам. Поэтому `archive_cleanup_command` обычно используется при организации тёплого резерва (см. Раздел 26.2). Чтобы указать символ `%` в команде, продублируйте его (`%%`).

В случаях, когда команда возвращает ненулевой статус завершения, в журнал записывается предупреждающее сообщение. Если же команда прерывается сигналом или оболочка ОС выдаёт ошибку (например, команда не найдена), вызывается критическая ошибка.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`recovery_end_command` (`string`)

Этот параметр задаёт команду оболочки, которая будет выполнена единожды в конце процесса восстановления. Назначение параметра `recovery_end_command` — предоставить механизм для очистки после репликации или восстановления. Любое вхождение `%r` заменяется именем файла, содержащим последнюю действительную точку восстановления, например, как в archive_cleanup_command.

В случаях, когда команда возвращает ненулевой статус завершения, в журнал записывается предупреждающее сообщение, но сервер, несмотря на это, продолжает запускаться. Если же команда прерывается сигналом или оболочка ОС выдаёт ошибку (например, команда не найдена), кластер баз данных не запускается.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.5.5. Цель восстановления

По умолчанию восстановление производится вплоть до окончания журнала WAL. Чтобы остановить процесс восстановления в более ранней точке, можно использовать один из следующих параметров: recovery_target, recovery_target_lsn, recovery_target_name, recovery_target_time или recovery_target_xid. Если в конфигурационном файле устанавливаются сразу несколько этих параметров, выдаётся ошибка. Задать эти параметры можно только при запуске сервера.

recovery_target= 'immediate'

Данный параметр указывает, что процесс восстановления должен завершиться, как только будет достигнуто целостное состояние, т. е. как можно раньше. При восстановлении из оперативной резервной копии, это будет точкой, в которой завершился процесс резервного копирования.

Технически это строковый параметр, но значение 'immediate' — единственно допустимое в данный момент.

recovery_target_name (string)

Этот параметр указывает именованную точку восстановления (созданную с помощью pg_create_restore_point()), до которой будет производиться восстановление.

recovery_target_time (timestamp)

Данный параметр указывает точку времени, вплоть до которой будет производиться восстановление. Окончательно точка останова определяется в зависимости от значения recovery_target_inclusive.

Значение этого параметра задаётся в том же формате, что принимается типом данных timestamp with time zone, за исключением того, что в нём нельзя использовать сокращённое название часового пояса (если только переменная timezone_abbreviations не была установлена в файле конфигурации выше). Поэтому рекомендуется задавать числовое смещение от UTC или записывать название часового пояса полностью, например Europe/Helsinki (но не EEST).

recovery_target_xid (string)

Параметр указывает идентификатор транзакции, вплоть до которой необходимо произвести процедуру восстановления. Имейте в виду, что числовое значение идентификатора отражает последовательность именно старта транзакций, а фиксироваться они могут в ином порядке. Восстановлению будут подлежать все транзакции, что были зафиксированы до указанной (и, возможно, включая её). Точность точки останова также зависит от recovery_target_inclusive.

recovery_target_lsn (pg_lsn)

Данный параметр указывает LSN позиции в журнале предзаписи, до которой должно выполняться восстановление. Точная позиция остановки зависит также от параметра recovery_target_inclusive. Этот параметр принимает значение системного типа данных pg_lsn.

Следующие параметры уточняют целевую точку восстановления и определяют, что будет происходить при её достижении:

recovery_target_inclusive (boolean)

Указывает на необходимость остановки сразу после (on) либо до (off) достижения целевой точки. Применяется одновременно с recovery_target_lsn, recovery_target_time или recovery_target_xid. Этот параметр определяет, нужно ли восстанавливать транзакции, у которых позиция в WAL (LSN), время фиксации либо идентификатор в точности совпадает с заданным соответствующим значением. По умолчанию выбирается вариант on.

recovery_target_timeline (string)

Указывает линию времени для восстановления. Значение может задаваться числовым идентификатором линии времени или ключевым словом. С ключевым словом current восстанавливается та линия времени, которая была активной при создании базовой резервной копии. С ключевым словом latest восстанавливаться будет последняя линия времени, найденная в архиве, что полезно для ведомого сервера. По умолчанию подразумевается latest.

Задавать этот параметр обычно требуется только в сложных ситуациях с повторами восстановления, когда необходимо вернуться к состоянию, которое само было достигнуто после восстановления на момент времени. Это обсуждается в Подразделе 25.3.5.

recovery_target_action (enum)

Указывает, какое действие должен предпринять сервер после достижения цели восстановления. Вариант по умолчанию — pause, что означает приостановку восстановления. Второй вариант, promote, означает, что процесс восстановления завершится, и сервер начнёт принимать подключения. Наконец, с вариантом shutdown сервер остановится, как только цель восстановления будет достигнута.

Вариант pause позволяет выполнить запросы к базе данных и убедиться в том, что достигнутая цель оказалась желаемой точкой восстановления. Для снятия с паузы нужно вызвать pg_wal_replay_resume() (см. Таблицу 9.87), что в итоге приведёт к завершению восстановления. Если же окажется, что мы ещё не достигли желаемой точки восстановления, нужно остановить сервер, установить более позднюю цель и перезапустить сервер для продолжения восстановления.

Вариант shutdown полезен для получения готового экземпляра сервера в желаемой точке. При этом данный экземпляр сможет воспроизводить дополнительные записи WAL (а при перезапуске ему придётся воспроизводить записи WAL после последней контрольной точки).

Заметьте, что так как recovery.signal не переименовывается, когда в recovery_target_action выбран вариант shutdown, при последующем запуске будет происходить немедленная остановка, пока вы не измените конфигурацию или не удалите файл recovery.signal вручную.

Этот параметр не действует, если цель восстановления не установлена. Если не включён режим hot_standby, значение pause действует так же, как и shutdown. Если цель восстановления достигается в процессе повышения, pause действует как promote.

В любом случае, если задана цель восстановления, но восстановление архива завершается до её завершения, сервер завершит работу с критической ошибкой.

19.6. Репликация

Эти параметры управляют поведением встроенного механизма *потоковой репликации* (см. Подраздел 26.2.5). Когда он применяется, один сервер является ведущим, а другие — ведомыми. Ведущий сервер всегда передаёт, а ведомые всегда принимают данные репликации, но когда настроена каскадная репликация (см. Подраздел 26.2.7), ведомые серверы могут быть и передающими. Следующие параметры в основном относятся к передающим и ведомым серверам, хотя некоторые параметры имеют смысл только для ведущего. Все эти параметры могут быть разными в рамках одного кластера, если это требуется.

19.6.1. Передающие серверы

Эти параметры можно задать на любом сервере, который передаёт данные репликации одному или нескольким ведомым. Ведущий сервер всегда является передающим, так что на нём они должны задаваться всегда. Роль и значение этих параметров не меняются после того, как ведомый сервер становится ведущим.

max_wal_senders (integer)

Задаёт максимально допустимое число одновременных подключений ведомых серверов или клиентов потокового копирования (т. е. максимальное количество одновременно работающих процессов передачи WAL). Значение по умолчанию — 10. При значении 0 репликация отключается. В случае неожиданного отключения клиента потоковой передачи слот подключения может оставаться занятым до достижения тайм-аута, так что этот параметр должен быть немного больше максимально допустимого числа клиентов, чтобы отключившиеся клиенты могли переподключиться немедленно. Задать этот параметр можно только при запуске сервера. Чтобы к данному серверу могли подключаться ведомые, уровень wal_level должен быть replica или выше.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

max_replication_slots (integer)

Задаёт максимальное число слотов репликации (см. Подраздел 26.2.6), которое сможет поддерживать сервер. Значение по умолчанию — 10. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Если заданное значение данного параметра будет меньше, чем число уже существующих слотов репликации, сервер не запустится. Чтобы слоты репликации можно было использовать, нужно также установить в wal_level уровень replica или выше.

На стороне подписчика указывает, сколько источников репликации (см. Главу 49) можно отслеживать одновременно, по сути ограничивая количество подписок на логическую репликацию, которые могут быть созданы на сервере. Если установленное значение будет меньше, чем текущее количество отслеживаемых источников репликации (показываемое в pg_replication_origin_status, а не в pg_replication_origin), сервер не запустится.

wal_keep_size (integer)

Задаёт минимальный объём прошлых сегментов журнала, который будет сохраняться в каталоге pg_wal, чтобы ведомый сервер мог выбрать их при потоковой репликации. Если ведомый сервер, подключённый к передающему, отстаёт больше чем на wal_keep_size мегабайт, передающий может удалить сегменты WAL, всё ещё необходимые ведомому, и в этом случае соединение репликации прервётся. В результате этого затем также будут прерваны зависимые соединения. (Однако ведомый сервер сможет восстановиться, выбрав этот сегмент из архива, если осуществляется архивация WAL.)

Этот параметр задаёт только минимальный объём сегментов, который будет сохраняться в каталоге pg_wal; для архивации WAL или для восстановления с момента контрольной точки может потребоваться сохранить больше сегментов. Если wal_keep_size равен нулю (это значение по умолчанию), система не сохраняет никакие дополнительные сегменты для ведомых серверов, поэтому число старых сегментов WAL, доступных для ведомых, зависит от положения предыдущей контрольной точки и состояния архивации WAL. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в мегабайтах. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

max_slot_wal_keep_size (integer)

Задаёт максимальный размер файлов WAL, который может оставаться в каталоге pg_wal для слотов репликации после выполнения контрольной точки. Со значением max_slot_wal_keep_size, равным -1 (по умолчанию), для слотов репликации может сохраняться неограниченный объём файлов WAL. При неотрицательном значении, если позиция restart_lsn для слота репликации отстаёт от текущего LSN более чем на заданное количество мегабайт, использующий этот слот ведомый сервер может лишиться возможности продолжить репликацию вследствие удаления нужных ему файлов WAL. Доступность WAL для слотов репликации показывается в представлении pg_replication_slots. Если это значение указано без единиц измерения, оно считается заданным в мегабайтах. Данный параметр можно задать только в файле postgresql.conf или в командной строке сервера.

wal_sender_timeout (integer)

Задаёт период времени, по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает передающему серверу обнаружить сбой ведомого или разрывы сети. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию — 60 секунд. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается.

Если узлы кластера распределены географически, его можно гибко настроить, используя разные значения в разных расположениях. Маленькие значения полезны для более быстрого обнаружения потери ведомого, подключённого по скоростному каналу, а большие — для более надёжного определения состояния ведомого, расположенного в удалённой сети, соединение с которой характеризуется большими задержками.

`track_commit_timestamp` (`boolean`)

Включает запись времени фиксации транзакций. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр имеет значение `off`.

19.6.2. Главный сервер

Эти параметры можно задать на главном/ведущем сервере, который должен передавать данные репликации одному или нескольким ведомым. Заметьте, что помимо этих параметров на ведущем сервере должен быть правильно установлен wal_level, а также может быть включена архивация WAL (см. Подраздел 19.5.3). Значения этих параметров на ведомых серверах не важны, хотя их можно подготовить заранее, на случай, если ведомый сервер придётся сделать ведущим.

`synchronous_standby_names` (`string`)

Определяет список ведомых серверов, которые могут поддерживать *синхронную репликацию*, как описано в Подразделе 26.2.8. Активных синхронных ведомых серверов может быть один или несколько; транзакции, ожидающие фиксации, будут завершаться только после того, как эти ведомые подтвердят получение их данных. Синхронными ведомыми будут те, имена которых указаны в этом списке и которые подключены к ведущему и принимают поток данных в реальном времени (что показывает признак `streaming` в представлении `pg_stat_replication`). Указание нескольких имён ведомых серверов позволяет обеспечить очень высокую степень доступности и защиту от потери данных.

Именем ведомого сервера в этом контексте считается значение `application_name` ведомого сервера, задаваемое в свойствах подключения. При организации физической репликации оно должно задаваться в строке `primary_conninfo`; по умолчанию это значение параметра cluster_name, если он задан, или `walreceiver` в противном случае. Для логической репликации его можно задать в строке подключения для подписки (по умолчанию это имя подписки). Как задать его для других потребителей потоков репликации, вы можете узнать в их документации.

Этот параметр принимает список ведомых серверов в одной из следующих форм:

```
[FIRST] число_синхронных ( имя_ведомого [, ...] )
ANY число_синхронных ( имя_ведомого [, ...] )
имя_ведомого [, ...]
```

здесь *`число_синхронных`* — число синхронных ведомых серверов, от которых необходимо дожидаться ответов для завершения транзакций, а *`имя_ведомого`* — имя ведомого сервера. Слова `FIRST` и `ANY` задают метод выбора синхронных ведомых из перечисленных серверов.

Ключевое слово `FIRST`, в сочетании с *`числом_синхронных`*, выбирает синхронную репликацию на основе приоритетов, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *`число_синхронных`* ведомых серверов, выбираемых согласно приоритетам. Например, со значением `FIRST 3 (s1, s2, s3, s4)` для фиксации транзакции необходимо дождаться ответа от трёх наиболее приоритетных из серверов `s1`, `s2`, `s3` и `s4`. Ведомые серверы, имена которых идут в этом списке первыми, будут иметь больший приоритет и будут считаться синхронными. Серверы, следующие в списке за ними, будут считаться потенциальными синхронными. Если один из текущих синхронных серверов по какой-то причине отключается, он немедленно будет заменён следующим сервером с наибольшим приоритетом. Ключевое слово `FIRST` может быть опущено.

Ключевое слово `ANY`, в сочетании с *`числом_синхронных`*, выбирает синхронную репликацию на основе кворума, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *как минимум* *`число_синхронных`* перечисленных серверов. Например, со значением `ANY 3 (s1, s2, s3, s4)` для фиксации транзакции необходимо дождаться ответа от как минимум трёх из серверов `s1`, `s2`, `s3` и `s4`.

Ключевые слова FIRST и ANY воспринимаются без учёта регистра. Если такое же имя оказывается у одного из ведомых серверов, его *имя_ведомого* нужно заключить в двойные кавычки.

Третья форма использовалась в PostgreSQL до версии 9.6 и по-прежнему поддерживается. По сути она равнозначна первой с FIRST и *числом_синхронным*, равным 1. Например, FIRST 1 (s1, s2) и s1, s2 действуют одинаково: в качестве синхронного ведомого выбирается либо s1, либо s2.

Специальному элементу * соответствует имя любого ведомого.

Уникальность имён ведомых серверов не контролируется. В случае дублирования имён более приоритетным будет один из серверов с подходящим именем, хотя какой именно, не определено.

> **Примечание**
>
> Каждое *имя_ведомого* должно задаваться в виде допустимого идентификатора SQL, кроме *. При необходимости его можно заключать в кавычки. Но заметьте, что идентификаторы *имя_ведомого* сравниваются с именами приложений без учёта регистра, независимо от того, заключены ли они в кавычки или нет.

Если имена синхронных ведомых серверов не определены, синхронная репликация не включается и фиксируемые транзакции не будут ждать репликации. Это поведение по умолчанию. Даже когда синхронная репликация включена, для отдельных транзакций можно отключить ожидание репликации, задав для параметра synchronous_commit значение local или off.

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

vacuum_defer_cleanup_age (integer)

Задаёт число транзакций, на которое будет отложена очистка старых версий строк при VACUUM и изменениях HOT. По умолчанию это число равно нулю, то есть старые версии строк могут удаляться сразу, как только перестанут быть видимыми в открытых транзакциях. Это значение можно сделать ненулевым на ведущем сервере, работающем с серверами горячего резерва, как описано в Разделе 26.5. В результате увеличится время, в течение которого будут успешно выполняться запросы на ведомом сервере без конфликтов из-за ранней очистки строк. Однако ввиду того, что эта отсрочка определяется числом записывающих транзакций, выполняющихся на ведущем сервере, сложно предсказать, каким будет дополнительное время отсрочки на ведомом сервере. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

В качестве альтернативы этому параметру можно также рассмотреть hot_standby_feedback на ведомом сервере.

Этот параметр не предотвращает очистку старых строк, которые достигли возраста, заданного параметром old_snapshot_threshold.

19.6.3. Ведомые серверы

Эти параметры управляют поведением ведомого сервера, который будет получать данные репликации. На ведущем сервере они не играют никакой роли.

primary_conninfo (string)

Указывает строку подключения резервного сервера к передающему. Формат строки описан в Подразделе 33.1.1. Вместо опущенных параметров подключения используются соответствующие переменные окружения (см. Раздел 33.14). Если же и переменные не установлены, используются значения по умолчанию.

В строке подключения должно задаваться имя (или адрес) передающего сервера, а также номер порта, если он отличается от подразумеваемого по умолчанию ведущим. Также в ней указывается имя пользователя, соответствующее роли с необходимыми правами на передающем сервере (см. Подраздел 26.2.5.1). Если сервер осуществляет аутентификацию по паролю, дополнительно потребуется задать пароль. Его можно указать как в строке `primary_conninfo`, так и отдельно, в файле `~/.pgpass` на резервном сервере (для базы данных `replication`). В строке `primary_conninfo` имя базы данных задавать не нужно.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Если значение данного параметра меняется во время работы процесса-приёмника WAL, этому процессу посылается сигнал для отключения, и ожидается, что он перезапустится с новым значением (если только определена непустая строка `primary_conninfo`). Этот параметр оказывает влияние только при работе сервера в режиме ведомого.

`primary_slot_name` (`string`)

Дополнительно задаёт заранее созданный слот, который будет использоваться при подключении к передающему серверу по протоколу потоковой репликации для управления освобождением ресурсов вышестоящего узла (см. Подраздел 26.2.6). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Если значение данного параметра меняется во время работы процесса-приёмника WAL, этому процессу посылается сигнал для отключения, и ожидается, что он перезапустится с новым значением. Этот параметр не действует, если строка `primary_conninfo` не определена или сервер работает не в режиме ведомого.

`promote_trigger_file` (`string`)

Указывает триггерный файл, при появлении которого завершается работа в режиме ведомого. Даже если это значение не установлено, существует возможность назначить ведомый сервер ведущим с помощью команды `pg_ctl promote` или функции `pg_promote()`. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`hot_standby` (`boolean`)

Определяет, можно ли будет подключаться к серверу и выполнять запросы в процессе восстановления, как описано в Разделе 26.5. Значение по умолчанию — `on` (подключения разрешаются). Задать этот параметр можно только при запуске сервера. Данный параметр играет роль только в режиме ведомого сервера или при восстановлении архива.

`max_standby_archive_delay` (`integer`)

В режиме горячего резерва этот параметр определяет, как долго должен ждать ведомый сервер, прежде чем отменять запросы, конфликтующие с очередными изменениями в WAL, как описано в Подразделе 26.5.2. Задержка `max_standby_archive_delay` применяется при обработке данных WAL, считываемых из архива (не текущих данных). Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию равно 30 секундам. При значении, равном -1, ведомый может ждать завершения конфликтующих запросов неограниченное время. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Заметьте, что параметр `max_standby_archive_delay` определяет не максимальное время, которое отводится для выполнения каждого запроса, а максимальное общее время, за которое должны быть применены изменения из одного сегмента WAL. Таким образом, если один запрос привёл к значительной задержке при обработке сегмента WAL, остальным конфликтующим запросам будет отведено гораздо меньше времени.

`max_standby_streaming_delay` (`integer`)

В режиме горячего резерва этот параметр определяет, как долго должен ждать ведомый сервер, прежде чем отменять запросы, конфликтующие с очередными изменениями в WAL, как описано в Подразделе 26.5.2. Задержка `max_standby_streaming_delay` применяется при обработке данных WAL, поступающих при потоковой репликации. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию равно 30 секундам. При значении, равном -1, ведомый может ждать завершения конфликтующих запросов неограниченное время. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

Заметьте, что параметр max_standby_streaming_delay определяет не максимальное время, которое отводится для выполнения каждого запроса, а максимальное общее время, за которое должны быть применены изменения из WAL после получения от главного сервера. Таким образом, если один запрос привёл к значительной задержке, остальным конфликтующим запросам будет отводиться гораздо меньше времени, пока резервный сервер не догонит главный.

wal_receiver_create_temp_slot (boolean)

Определяет, должен ли процесс-приёмник WAL создавать временный слот репликации на удалённом сервере в случаях, когда постоянный слот репликации не настроен (не задан в primary_slot_name). По умолчанию этот параметр отключён. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. Если значение данного параметра меняется во время работы процесса-приёмника WAL, этому процессу посылается сигнал для отключения, и ожидается, что он перезапустится с новым значением.

wal_receiver_status_interval (integer)

Определяет минимальную частоту, с которой процесс, принимающий WAL на ведомом сервере, будет сообщать о состоянии репликации ведущему или вышестоящему ведомому, где это состояние можно наблюдать в представлении pg_stat_replication. В этом сообщении передаются следующие позиции в журнале предзаписи: позиция изменений записанных, изменений, сохранённых на диске, и изменений применённых. Значение параметра определяет максимальный интервал между сообщениями. Сообщения о состоянии передаются при каждом продвижении позиций записанных или сохранённых на диске изменений, но с промежутком не больше, чем заданный этим параметром. Таким образом, последняя переданная позиция применённых изменений может немного отставать от фактической в текущий момент. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. Значение по умолчанию равно 10 секундам. При нулевом значении этого параметра передача состояния полностью отключается. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

hot_standby_feedback (boolean)

Определяет, будет ли сервер горячего резерва сообщать ведущему или вышестоящему ведомому о запросах, которые он выполняет в данный момент. Это позволяет исключить необходимость отмены запросов, вызванную очисткой записей, но при некоторых типах нагрузки это может приводить к раздуванию базы данных на ведущем сервере. Эти сообщения о запросах будут отправляться не чаще, чем раз в интервал, задаваемый параметром wal_receiver_status_interval. Значение данного параметра по умолчанию — off. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

Если используется каскадная репликация, сообщения о запросах передаются выше, пока в итоге не достигнут ведущего сервера. На промежуточных серверах эта информация больше никак не задействуется.

Этот параметр не переопределяет поведение old_snapshot_threshold, установленное на ведущем сервере; снимок на ведомом сервере, имеющий возраст больше заданного указанным параметром на ведущем, может стать недействительным, что приведёт к отмене транзакций на ведомом. Это объясняется тем, что предназначение old_snapshot_threshold заключается в указании абсолютного ограничения времени, в течение которого могут накапливаться мёртвые строки, которое иначе могло бы нарушаться из-за конфигурации ведомого.

wal_receiver_timeout (integer)

Задаёт период времени, по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает принимающему ведомому серверу обнаружить сбой ведущего или разрыв сети. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию — 60 секунд. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`wal_retrieve_retry_interval` (`integer`)

Определяет, сколько ведомый сервер должен ждать поступления данных WAL из любых источников (потоковая репликация, локальный `pg_wal` или архив WAL), прежде чем повторять попытку получения WAL. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию — 5 секунд. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке сервера.

Этот параметр полезен в конфигурациях, когда для узла в схеме восстановления нужно регулировать время ожидания новых данных WAL. Например, при восстановлении архива можно ускорить реакцию на появление нового файла WAL, уменьшив значение этого параметра. В системе с низкой активностью WAL увеличение этого параметра приведёт к сокращению числа запросов, необходимых для отслеживания архивов WAL, что может быть полезно в облачных окружениях, где учитывается число обращений к инфраструктуре.

`recovery_min_apply_delay` (`integer`)

По умолчанию ведомый сервер восстанавливает записи WAL передающего настолько быстро, насколько это возможно. Иногда полезно иметь возможность задать задержку при копировании данных, например, для устранения ошибок, связанных с потерей данных. Этот параметр позволяет отложить восстановление на заданное время. Например, если установить значение `5min`, ведомый сервер будет воспроизводить фиксацию транзакции не раньше, чем через 5 минут (судя по его системным часам) после времени фиксации, сообщённого ведущим. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию равно нулю, то есть задержка не добавляется.

Возможна ситуация, когда задержка репликации между серверами превышает значение этого параметра. В этом случае дополнительная задержка не добавляется. Заметьте, что задержка вычисляется как разница между меткой времени, записанной в WAL на ведущем сервере, и текущим временем на ведомом. Запаздывание передачи, связанное с задержками в сети или каскадной репликацией, может существенно сократить реальное время ожидания. Если время на главном и ведомом сервере не синхронизировано, это может приводить к применению записей ранее ожидаемого, однако это не очень важно, потому что полезные значения этого параметра намного больше, чем обычно бывает разница во времени между двумя серверами.

Задержка применяется лишь для записей WAL, представляющих фиксацию транзакций. Остальные записи проигрываются незамедлительно, так как их эффект не будет заметен до применения соответствующей записи о фиксации транзакции, благодаря правилам видимости MVCC.

Задержка добавляется, как только восстанавливаемая база данных достигает согласованного состояния, и исключается, когда ведущий сервер переключается в режим основного. После переключения ведущий сервер завершает восстановление незамедлительно.

Данный параметр предназначен для применения в конфигурациях с потоковой репликацией; однако если он задан, он будет учитываться во всех случаях, кроме восстановления после сбоя. Задержка, устанавливаемая этим параметром, влияет и на работу механизма `hot_standby_feedback`, что может привести к раздуванию базы на главном сервере; использовать данный параметр при включении этого механизма следует с осторожностью.

> **Предупреждение**
>
> Этот параметр влияет на синхронную репликацию, когда `synchronous_commit` имеет значение `remote_apply`; каждый `COMMIT` будет ждать подтверждения применения.

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

19.6.4. Подписчики

Эти параметры управляют поведением подписчика логической репликации. На публикующем сервере они не играют роли.

Заметьте, что параметры конфигурации wal_receiver_timeout, wal_receiver_status_interval и wal_retrieve_retry_interval также воздействуют на рабочие процессы логической репликации.

max_logical_replication_workers (int)

Задаёт максимально возможное число рабочих процессов логической репликации. В это число входят и рабочие процессы, применяющие изменения, и процессы, синхронизирующие таблицы.

Рабочие процессы логической репликации берутся из пула, контролируемого параметром max_worker_processes.

Значение по умолчанию — 4. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

max_sync_workers_per_subscription (integer)

Максимальное число рабочих процессов, выполняющих синхронизацию, для одной подписки. Этот параметр управляет степенью распараллеливания копирования начальных данных в процессе инициализации подписки или при добавлении новых таблиц.

В настоящее время одну таблицу может обрабатывать только один рабочий процесс синхронизации.

Рабочие процессы синхронизации берутся из пула, контролируемого параметром max_logical_replication_workers.

Значение по умолчанию — 2. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

19.7. Планирование запросов

19.7.1. Конфигурация методов планировщика

Эти параметры конфигурации дают возможность грубо влиять на планы, выбираемые оптимизатором запросов. Если автоматически выбранный оптимизатором план конкретного запроса оказался неоптимальным, в качестве *временного* решения можно воспользоваться одним из этих параметров и вынудить планировщик выбрать другой план. Улучшить качество планов, выбираемых планировщиком, можно и более подходящими способами, в частности, скорректировать константы стоимости (см. Подраздел 19.7.2), выполнить ANALYZE вручную, изменить значение параметра конфигурации default_statistics_target и увеличить объём статистики, собираемой для отдельных столбцов, воспользовавшись командой ALTER TABLE SET STATISTICS.

enable_bitmapscan (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования по битовой карте. По умолчанию имеет значение on (вкл.).

enable_gathermerge (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения посредством сбора. По умолчанию имеет значение on (вкл.).

enable_hashagg (boolean)

Включает или отключает использование планов агрегирования по хешу. По умолчанию имеет значение on (вкл.).

`enable_hashjoin` (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения по хешу. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_incremental_sort` (boolean)

Включает или отключает использование планировщиком инкрементальной сортировки. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_indexscan` (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования индекса и сканирования только индекса. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.). См. также enable_indexonlyscan.

`enable_indexonlyscan` (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования только индекса (см. Раздел 11.9). По умолчанию имеет значение `on` (вкл.). Чтобы использовать планы сканирования только индекса, также должен быть включён параметр enable_indexscan.

`enable_material` (boolean)

Включает или отключает использование материализации при планировании запросов. Полностью исключить материализацию невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет вставлять узлы материализации, за исключением случаев, где они требуются для правильности. По умолчанию этот параметр имеет значение `on` (вкл.).

`enable_mergejoin` (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения слиянием. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_nestloop` (boolean)

Включает или отключает использование планировщиком планов соединения с вложенными циклами. Полностью исключить вложенные циклы невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_parallel_append` (boolean)

Включает или отключает использование планировщиком планов с распараллеливанием добавления данных. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_parallel_hash` (boolean)

Включает или отключает использование планировщиком планов соединения по хешу с распараллеливанием хеширования. Не действует, если планы соединения по хешу отключены. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_partition_pruning` (boolean)

Включает или отключает в планировщике возможность отсекать секции секционированных таблиц из планов запроса. Также влияет на возможность планировщика генерировать планы запросов, позволяющие исполнителю пропускать (игнорировать) секции при выполнении запросов. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.). За подробностями обратитесь к Подразделу 5.11.4.

`enable_partitionwise_join` (boolean)

Включает или отключает использование планировщиком соединения с учётом секционирования, что позволяет выполнять соединение секционированных таблиц путём соединения соответствующих секций. Соединение с учётом секционирования в настоящее время может применяться, только когда условия соединения включают все ключи секционирования; при этом ключи должны быть одного типа данных и дочерние секции должны соответствовать один-к-одному. Если этот параметр включён, количество узлов, использование памяти которых ограничено параметром `work_mem`, указанным в окончательном плане, может линейно увеличиваться в соответствии с количеством сканируемых секций. Это может привести к значительному увеличению общего потребления памяти во время выполнения запроса. Для планирования запросов также становится необходимо гораздо больше процессорного времени и памяти. По умолчанию этот параметр выключен (`off`).

`enable_partitionwise_aggregate` (`boolean`)

Включает или отключает использование планировщиком группировки или агрегирования с учётом секционирования, что позволяет выполнять группировку или агрегирование в секционированных таблицах по отдельности для каждой секции. Если предложение `GROUP BY` не включает ключи секционирования, на уровне секций может быть выполнено только частичное агрегирование, а затем требуется итоговая обработка. Если этот параметр включён, количество узлов, использование памяти которых ограничено параметром `work_mem`, указанным в окончательном плане, может линейно увеличиваться в соответствии с количеством сканируемых секций. Это может привести к значительному увеличению общего потребления памяти во время выполнения запроса. Для планирования запросов также становится необходимо гораздо больше процессорного времени и памяти. По умолчанию этот параметр выключен (`off`).

`enable_seqscan` (`boolean`)

Включает или отключает использование планировщиком планов последовательного сканирования. Полностью исключить последовательное сканирование невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_sort` (`boolean`)

Включает или отключает использование планировщиком шагов с явной сортировкой. Полностью исключить явную сортировку невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_tidscan` (`boolean`)

Включает или отключает использование планов сканирования TID. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

19.7.2. Константы стоимости для планировщика

Переменные *стоимости*, описанные в данном разделе, задаются по произвольной шкале. Значение имеют только их отношения, поэтому умножение или деление всех переменных на один коэффициент никак не повлияет на выбор планировщика. По умолчанию эти переменные определяются относительно стоимости чтения последовательной страницы: то есть, переменную `seq_page_cost` удобно задать равной `1.0`, а все другие переменные стоимости определить относительно неё. Но при желании можно использовать и другую шкалу, например, выразить в миллисекундах фактическое время выполнения запросов на конкретной машине.

> **Примечание**
>
> К сожалению, какого-либо чётко определённого способа определения идеальных значений стоимости не существует. Лучше всего выбирать их как средние показатели при выполнении целого ряда разнообразных запросов, которые будет обрабатывать конкретная СУБД. Это значит, что менять их по результатам всего нескольких экспериментов очень рискованно.

`seq_page_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость чтения одной страницы с диска, которое выполняется в серии последовательных чтений. Значение по умолчанию равно 1.0. Это значение можно переопределить для таблиц и индексов в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. ALTER TABLESPACE).

`random_page_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость чтения одной произвольной страницы с диска. Значение по умолчанию равно 4.0. Это значение можно переопределить для таблиц и индексов в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. ALTER TABLESPACE).

При уменьшении этого значения по отношению к `seq_page_cost` система начинает предпочитать сканирование по индексу; при увеличении такое сканирование становится более дорогостоящим. Оба эти значения также можно увеличить или уменьшить одновременно, чтобы изменить стоимость операций ввода/вывода по отношению к стоимости процессорных операций, которая определяется следующими параметрами.

Произвольный доступ к механическому дисковому хранилищу обычно гораздо дороже последовательного доступа, более чем в четыре раза. Однако по умолчанию выбран небольшой коэффициент (4.0), в предположении, что большой объём данных при произвольном доступе, например, при чтении индекса, окажется в кеше. Таким образом, можно считать, что значение по умолчанию моделирует ситуацию, когда произвольный доступ в 40 раз медленнее последовательного, но 90% операций произвольного чтения удовлетворяются из кеша.

Если вы считаете, что для вашей рабочей нагрузки процент попаданий не достигает 90%, вы можете увеличить параметр random_page_cost, чтобы он больше соответствовал реальной стоимости произвольного чтения. И напротив, если ваши данные могут полностью поместиться в кеше, например, когда размер базы меньше общего объёма памяти сервера, может иметь смысл уменьшить random_page_cost. С хранилищем, у которого стоимость произвольного чтения не намного выше последовательного, как например, у твердотельных накопителей, так же лучше выбрать меньшее значение random_page_cost, например `1.1`.

Подсказка

Хотя система позволяет сделать `random_page_cost` меньше, чем `seq_page_cost`, это лишено физического смысла. Однако сделать их равными имеет смысл, если база данных полностью кешируется в ОЗУ, так как в этом случае с обращением к страницам в произвольном порядке не связаны никакие дополнительные издержки. Кроме того, для сильно загруженной базы данных оба этих параметра следует понизить по отношению к стоимости процессорных операций, так как стоимость выборки страницы, уже находящейся в ОЗУ, оказывается намного меньше, чем обычно.

`cpu_tuple_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость обработки каждой строки при выполнении запроса. Значение по умолчанию — 0.01.

`cpu_index_tuple_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость обработки каждой записи индекса при сканировании индекса. Значение по умолчанию — 0.005.

`cpu_operator_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость обработки оператора или функции при выполнении запроса. Значение по умолчанию — 0.0025.

`parallel_setup_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость запуска параллельных рабочих процессов. Значение по умолчанию — 1000.

`parallel_tuple_cost` (`floating point`)

Задаёт приблизительную стоимость передачи одного кортежа от параллельного рабочего процесса другому процессу. Значение по умолчанию — 0.1.

`min_parallel_table_scan_size` (`integer`)

Задаёт минимальный объём данных таблицы, подлежащий сканированию, при котором может применяться параллельное сканирование. Для параллельного последовательного сканирования объём сканируемых данных всегда равняется размеру таблицы, но когда используются индексы, этот объём обычно меньше. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Значение по умолчанию — 8 мегабайт (`8MB`).

`min_parallel_index_scan_size` (`integer`)

Задаёт минимальный объём данных индекса, подлежащий сканированию, при котором может применяться параллельное сканирование. Заметьте, что при параллельном сканировании по индексу обычно не затрагивается весь индекс; здесь учитывается число страниц, которое по мнению планировщика будет затронуто при сканировании. Этот параметр также учитывается, когда нужно определить, может ли некоторый индекс обрабатываться при параллельной очистке. См. VACUUM. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Значение по умолчанию — 512 килобайт (`512kB`).

`effective_cache_size` (`integer`)

Определяет представление планировщика об эффективном размере дискового кеша, доступном для одного запроса. Это представление влияет на оценку стоимости использования индекса; чем выше это значение, тем больше вероятность, что будет применяться сканирование по индексу, чем ниже, тем более вероятно, что будет выбрано последовательное сканирование. При установке этого параметра следует учитывать и объём разделяемых буферов PostgreSQL, и процент дискового кеша ядра, который будут занимать файлы данных PostgreSQL, хотя некоторые данные могут оказаться и там, и там. Кроме того, следует принять во внимание ожидаемое число параллельных запросов к разным таблицам, так как общий размер будет разделяться между ними. Этот параметр не влияет на размер разделяемой памяти, выделяемой PostgreSQL, и не задаёт размер резервируемого в ядре дискового кеша; он используется только в качестве ориентировочной оценки. При этом система не учитывает, что данные могут оставаться в дисковом кеше от запроса к запросу. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в блоках (размер которых равен `BLCKSZ` байт, обычно это 8 КБ). Значение по умолчанию — 4 гигабайта (`4GB`). Если `BLCKSZ` отличен от 8 КБ, значение по умолчанию корректируется пропорционально.

`jit_above_cost` (`floating point`)

Устанавливает предел стоимости запроса, при превышении которого включается JIT-компиляция, если она поддерживается (см. Главу 31). Применение JIT занимает время при планировании, но может ускорить выполнение запроса в целом. Значение `-1` отключает JIT-компиляцию. Значение по умолчанию — `100000`.

`jit_inline_above_cost` (`floating point`)

Устанавливает предел стоимости, при превышении которого будет допускаться встраивание функций и операторов в процессе JIT-компиляции. Встраивание занимает время при планировании, но в целом может ускорить выполнение. Присваивать этому параметру значение, меньшее чем `jit_above_cost`, не имеет смысла. Значение `-1` отключает встраивание. Значение по умолчанию — `500000`.

`jit_optimize_above_cost` (`floating point`)

Устанавливает предел стоимости, при превышении которого в JIT-компилированных программах может применяться дорогостоящая оптимизация. Такая оптимизация увеличивает время планирования, но в целом может ускорить выполнение. Присваивать этому параметру значение, меньшее чем `jit_above_cost`, не имеет смысла, а при значениях, превышающих `jit_inline_above_cost`, положительный эффект маловероятен. Значение `-1` отключает дорогостоящие оптимизации. Значение по умолчанию — `500000`.

19.7.3. Генетический оптимизатор запросов

Генетический оптимизатор запросов (GEnetic Query Optimizer, GEQO) осуществляет планирование запросов, применяя эвристический поиск. Это позволяет сократить время планирования для сложных запросов (в которых соединяются множество отношений), ценой того, что иногда полученные планы уступают по качеству планам, выбираемым при полном переборе. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 59.

`geqo` (`boolean`)

Включает или отключает генетическую оптимизацию запросов. По умолчанию она включена. В производственной среде её лучше не отключать; более гибко управлять GEQO можно с помощью переменной `geqo_threshold`.

`geqo_threshold` (`integer`)

Задаёт минимальное число элементов во `FROM`, при котором для планирования запроса будет привлечён генетический оптимизатор. (Заметьте, что конструкция `FULL OUTER JOIN` считается одним элементом списка `FROM`.) Значение по умолчанию — 12. Для более простых запросов часто лучше использовать обычный планировщик, производящий полный перебор, но для запросов со множеством таблиц полный перебор займёт слишком много времени, чаще гораздо больше, чем будет потеряно из-за выбора не самого эффективного плана. Таким образом, ограничение по размеру запроса даёт удобную возможность управлять GEQO.

`geqo_effort` (`integer`)

Управляет выбором между сокращением временем планирования и повышением качества плана запроса в GEQO. Это значение должна задаваться целым числом от 1 до 10. Значение по умолчанию равно пяти. Чем больше значение этого параметра, тем больше времени будет потрачено на планирование запроса, но и тем больше вероятность, что будет выбран эффективный план.

Параметр `geqo_effort` сам по себе ничего не делает, он используется только для вычисления значений по умолчанию для других переменных, влияющих на поведение GEQO (они описаны ниже). При желании эти переменные можно просто установить вручную.

`geqo_pool_size` (`integer`)

Задаёт размер пула для алгоритма GEQO, то есть число особей в генетической популяции. Это число должно быть не меньше двух, но полезные значения обычно лежат в интервале от 100 до 1000. Если оно равно нулю (это значение по умолчанию), то подходящее число выбирается, исходя из значения `geqo_effort` и числа таблиц в запросе.

`geqo_generations` (`integer`)

Задаёт число поколений для GEQO, то есть число итераций этого алгоритма. Оно должно быть не меньше единицы, но полезные значения находятся в том же диапазоне, что и размер пула. Если оно равно нулю (это значение по умолчанию), то подходящее число выбирается, исходя из `geqo_pool_size`.

`geqo_selection_bias` (`floating point`)

Задаёт интенсивность селекции для GEQO, то есть селективное давление в популяции. Допустимые значения лежат в диапазоне от 1.50 до 2.00 (это значение по умолчанию).

`geqo_seed` (`floating point`)

Задаёт начальное значение для генератора случайных чисел, который применяется в GEQO для выбора случайных путей в пространстве поиска порядка соединений. Может иметь значение от нуля (по умолчанию) до одного. При изменении этого значения меняется набор анализируемых путей, в результате чего может быть найден как более, так и менее оптимальный путь.

19.7.4. Другие параметры планировщика

`default_statistics_target` (`integer`)

Устанавливает значение ориентира статистики по умолчанию, распространяющееся на столбцы, для которых командой `ALTER TABLE SET STATISTICS` не заданы отдельные ограничения. Чем больше установленное значение, тем больше времени требуется для выполнения `ANALYZE`, но тем выше может быть качество оценок планировщика. Значение этого параметра по умолчанию — 100. За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

`constraint_exclusion` (`enum`)

Управляет использованием планировщиком ограничений таблицы для оптимизации запросов. Допустимые значения `constraint_exclusion`: `on` (задействовать ограничения всех таблиц), `off` (никогда не задействовать ограничения) и `partition` (задействовать ограничения только для дочерних таблиц и подзапросов `UNION ALL`). Значение по умолчанию — `partition`. Оно часто помогает увеличить производительность, когда применяются традиционные деревья наследования.

Когда данный параметр разрешает это для таблицы, планировщик сравнивает условия запроса с ограничениями `CHECK` данной таблицы и не сканирует её, если они оказываются несовместимыми. Например:

```
CREATE TABLE parent(key integer, ...);
CREATE TABLE child1000(check (key between 1000 and 1999)) INHERITS(parent);
CREATE TABLE child2000(check (key between 2000 and 2999)) INHERITS(parent);
...
SELECT * FROM parent WHERE key = 2400;
```

Если включено исключение по ограничению, команда `SELECT` не будет сканировать таблицу `child1000`, в результате чего запрос выполнится быстрее.

В настоящее время исключение по ограничению разрешено по умолчанию только в условиях, возникающих при реализации секционирования через деревья наследования. Включение этой возможности для всех таблиц влечёт дополнительные издержки на планирование, довольно заметные для простых запросов, но может не дать никакого выигрыша. Если вы не применяете секционирование через деревья наследования, имеет смысл её полностью отключить. (Заметьте, что похожая функциональность для секционированных таблиц управляется отдельным параметром, enable_partition_pruning.)

За дополнительными сведениями о применении исключений по ограничению для секционирования таблиц обратитесь к Подразделу 5.11.5.

`cursor_tuple_fraction` (`floating point`)

Задаёт для планировщика оценку процента строк, которые будут получены через курсор. Значение по умолчанию — 0.1 (10%). При меньших значениях планировщик будет склонен использовать для курсоров планы с «быстрым стартом», позволяющие получать первые несколько строк очень быстро, хотя для выборки всех строк может уйти больше времени. При больших значениях планировщик стремится оптимизировать общее время запроса. При максимальном значении, равном 1.0, работа с курсорами планируется так же, как и обычные запросы — минимизируется только общее время, а не время получения первых строк.

`from_collapse_limit` (`integer`)

Задаёт максимальное число элементов в списке `FROM`, до которого планировщик будет объединять вложенные запросы с внешним запросом. При меньших значениях сокращается время планирования, но план запроса может стать менее эффективным. По умолчанию это значение равно восьми. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 14.3.

Если это значение сделать равным geqo_threshold или больше, при таком объединении запросов может включиться планировщик GEQO и в результате будет получен неоптимальный план. См. Подраздел 19.7.3.

`jit` (`boolean`)

Определяет, может ли PostgreSQL использовать компиляцию JIT, если она поддерживается (см. Главу 31). По умолчанию он включён (`on`).

`join_collapse_limit` (`integer`)

Задаёт максимальное количество элементов в списке `FROM`, до достижения которого планировщик будет сносить в него явные конструкции `JOIN` (за исключением `FULL JOIN`). При меньших значениях сокращается время планирования, но план запроса может стать менее эффективным.

По умолчанию эта переменная имеет то же значение, что и `from_collapse_limit`, и это приемлемо в большинстве случаев. При значении, равном 1, предложения `JOIN` переставляться не будут, так что явно заданный в запросе порядок соединений определит фактический порядок, в котором будут соединяться отношения. Так как планировщик не всегда выбирает оптимальный порядок соединений, опытные пользователи могут временно задать для этой переменной значение 1, а затем явно определить желаемый порядок. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 14.3.

Если это значение сделать равным geqo_threshold или больше, при таком объединении запросов может включиться планировщик GEQO и в результате будет получен неоптимальный план. См. Подраздел 19.7.3.

`parallel_leader_participation` (`boolean`)

Позволяет ведущему процессу выполнять план запроса ниже узлов `Gather` и `Gather Merge`, не ожидая рабочие процессы. По умолчанию этот параметр включён (`on`). Значение `off` снижает вероятность блокировки рабочих процессов в случае, если ведущий процесс будет читать кортежи недостаточно быстро, но тогда ведущему приходится дожидаться запуска рабочих процессов, и только затем выдавать первые кортежи. Степень положительного или отрицательного влияния ведущего зависит от типа плана, числа рабочих процессов и длительности запроса.

`force_parallel_mode` (`enum`)

Позволяет распараллеливать запрос в целях тестирования, даже когда от этого не ожидается никакого выигрыша в скорости. Допустимые значения параметра `force_parallel_mode` — `off` (использовать параллельный режим только когда ожидается увеличение производительности), `on` (принудительно распараллеливать все запросы, для которых это безопасно) и `regress` (как `on`, но с дополнительными изменениями поведения, описанными ниже).

Говоря точнее, со значением `on` узел `Gather` добавляется в вершину любого плана запроса, для которого допускается распараллеливание, так что запрос выполняется внутри параллельного исполнителя. Даже когда параллельный исполнитель недоступен или не может быть использован, такие операции, как запуск подтранзакции, которые не должны выполняться в контексте параллельного запроса, не будут выполняться в этом режиме, если только планировщик не решит, что это приведёт к ошибке запроса. Если при включении этого параметра возникают ошибки или выдаются неожиданные результаты, вероятно, некоторые функции, задействованные в этом запросе, нужно пометить как `PARALLEL UNSAFE` (или, возможно, `PARALLEL RESTRICTED`).

Значение `regress` действует так же, как и значение `on`, с некоторыми дополнительными особенностями, предназначенными для облегчения автоматического регрессионного тестирования. Обычно сообщения от параллельных исполнителей включают строку контекста, отмечающую это, но значение regress подавляет эту строку, так что вывод не отличается от выполнения в не параллельном режиме. Кроме того, узлы Gather, добавляемые в планы с этим значением параметра, скрываются в выводе EXPLAIN, чтобы вывод соответствовал тому, что будет получен при отключении этого параметра (со значением off).

plan_cache_mode (enum)

Подготовленные операторы (они могут быть подготовлены явно либо неявно, как например в PL/pgSQL) могут выполняться с использованием специализированных или общих планов. Специализированные планы строятся заново для каждого выполнения с конкретным набором значений параметров, тогда как общий план не зависит от значений параметров и может использоваться многократно. Таким образом, общий план позволяет сэкономить время планирования, но он может быть неэффективным, если идеальные планы в большой степени определяются значениями параметров. Выбор между этими вариантами обычно производится автоматически, но его можно переопределить, воспользовавшись параметром plan_cache_mode. Он может принимать значение auto (по умолчанию), force_custom_plan (принудительно использовать специализированные планы) и force_generic_plan (принудительно использовать общие планы). Значение этого параметра учитывается при выполнении плана, а не при построении. За дополнительными сведениями обратитесь к PREPARE.

19.8. Регистрация ошибок и протоколирование работы сервера

19.8.1. Куда протоколировать

log_destination (string)

PostgreSQL поддерживает несколько методов протоколирования сообщений сервера: stderr, csvlog и syslog. На Windows также поддерживается eventlog. В качестве значения log_destination указывается один или несколько методов протоколирования, разделённых запятыми. По умолчанию используется stderr. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

Если в log_destination включено значение csvlog, то протоколирование ведётся в формате CSV (разделённые запятыми значения). Это удобно для программной обработки журнала. Подробнее об этом в Подразделе 19.8.4. Для вывода в формате CSV должен быть включён logging_collector.

Если присутствует указание stderr или csvlog, создаётся файл current_logfiles, в который записывается расположение файла(ов) журнала, в настоящее время используемого сборщиком сообщений для соответствующего назначения. Это позволяет легко определить, какие файлы журнала используются в данный момент экземпляром сервера. Например, он может иметь такое содержание:

```
stderr log/postgresql.log
csvlog log/postgresql.csv
```

current_logfiles переписывается когда при прокрутке создаётся новый файл журнала или когда изменяется значение log_destination. Он удаляется, когда в log_destination не задаётся ни stderr, ни csvlog, а также когда сборщик сообщений отключён.

Примечание

В большинстве систем Unix потребуется изменить конфигурацию системного демона syslog для использования варианта syslog в log_destination. Для указания типа протоколируемой программы (facility), PostgreSQL может использовать значения с LOCAL0 по LOCAL7 (см. syslog_facility). Однако на большинстве платформ конфигурация syslog по умолчанию не учитывает сообщения подобного типа. Чтобы это работало, потребуется добавить в конфигурацию демона syslog что-то подобное:

```
local0.*    /var/log/postgresql
```

Для использования `eventlog` в `log_destination` на Windows, необходимо зарегистрировать источник событий и его библиотеку в операционной системе. Тогда Windows Event Viewer сможет отображать сообщения журнала событий. Подробнее в Разделе 18.12.

`logging_collector` (`boolean`)

Параметр включает сборщик сообщений (*logging collector*). Это фоновый процесс, который собирает отправленные в stderr сообщения и перенаправляет их в журнальные файлы. Такой подход зачастую более полезен чем запись в syslog, поскольку некоторые сообщения в syslog могут не попасть. (Типичный пример с сообщениями об ошибках динамического связывания, другой пример — ошибки в скриптах типа `archive_command`.) Для установки параметра требуется перезапуск сервера.

Примечание

Можно обойтись без сборщика сообщений и просто писать в stderr. Сообщения будут записываться в место, куда направлен поток stderr. Такой способ подойдёт только для небольших объёмов протоколирования, потому что не предоставляет удобных средств для организации ротации журнальных файлов. Кроме того, на некоторых платформах отказ от использования сборщика сообщений может привести к потере или искажению сообщений, так как несколько процессов, одновременно пишущих в один журнальный файл, могут перезаписывать информацию друг друга.

Примечание

Сборщик спроектирован так, чтобы сообщения никогда не терялись. А это значит, что при очень высокой нагрузке, серверные процессы могут быть заблокированы при попытке отправить сообщения во время сбоя фонового процесса сборщика. В противоположность этому, syslog предпочитает удалять сообщения, при невозможности их записать. Поэтому часть сообщений может быть потеряна, но система не будет блокироваться.

`log_directory` (`string`)

При включённом `logging_collector`, определяет каталог, в котором создаются журнальные файлы. Можно задавать как абсолютный путь, так и относительный от каталога данных кластера. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `log`.

`log_filename` (`string`)

При включённом `logging_collector` задаёт имена журнальных файлов. Значение трактуется как строка формата в функции `strftime`, поэтому в ней можно использовать спецификаторы `%` для включения в имена файлов информации о дате и времени. (При наличии зависящих от часового пояса спецификаторов `%` будет использован пояс, заданный в log_timezone.) Поддерживаемые спецификаторы `%` похожи на те, что перечислены в описании *strftime* спецификации Open Group. Обратите внимание, что системная функция `strftime` напрямую не используется. Поэтому нестандартные, специфичные для платформы особенности не будут работать. Значение по умолчанию `postgresql-%Y-%m-%d_%H%M%S.log`.

Если для задания имени файлов не используются спецификаторы `%`, то для избежания переполнения диска, следует использовать утилиты для ротации журнальных файлов. В версиях до 8.4, при отсутствии спецификаторов `%`, PostgreSQL автоматически добавлял время в формате Epoch к имени файла. Сейчас в этом больше нет необходимости.

Если в log_destination включён вывод в формате CSV, то к имени журнального файла будет добавлено расширение .csv. (Если log_filename заканчивается на .log, то это расширение заменится на .csv.)

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

log_file_mode (integer)

В системах Unix задаёт права доступа к журнальным файлам, при включённом logging_collector. (В Windows этот параметр игнорируется.) Значение параметра должно быть числовым, в формате команд chmod и umask. (Для восьмеричного формата, требуется задать лидирующий 0 (ноль).)

Права доступа по умолчанию 0600, т. е. только владелец сервера может читать и писать в журнальные файлы. Также, может быть полезным значение 0640, разрешающее чтение файлов членам группы. Однако чтобы установить такое значение, нужно каталог для хранения журнальных файлов (log_directory) вынести за пределы каталога данных кластера. В любом случае нежелательно открывать для всех доступ на чтение журнальных файлов, так как они могут содержать конфиденциальные данные.

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

log_rotation_age (integer)

При включённом logging_collector этот параметр определяет максимальное время жизни отдельного журнального файла, по истечении которого создаётся новый файл. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в минутах. Значение по умолчанию — 24 часа. При нулевом значении смена файлов по времени не производится. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

log_rotation_size (integer)

При включённом logging_collector этот параметр определяет максимальный размер отдельного журнального файла. При достижении этого размера создаётся новый файл. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию — 10 мегабайт. При нулевом значении смена файлов по размеру не производится. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

log_truncate_on_rotation (boolean)

Если параметр logging_collector включён, PostgreSQL будет перезаписывать существующие журнальные файлы, а не дописывать в них. Однако перезапись при переключении на новый файл возможна только в результате ротации по времени, но не при старте сервера или ротации по размеру файла. При выключенном параметре всегда продолжается запись в существующий файл. Например, включение этого параметра в комбинации с log_filename равным postgresql-%H.log, приведёт к генерации 24-х часовых журнальных файлов, которые циклически перезаписываются. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

Пример: для хранения журнальных файлов в течение 7 дней, по одному файлу на каждый день с именами вида server_log.Mon, server_log.Tue и т. д., а также с автоматической перезаписью файлов прошлой недели, нужно установить log_filename в server_log.%a, log_truncate_on_rotation в on и log_rotation_age в 1440.

Пример: для хранения журнальных файлов в течение 24 часов, по одному файлу на час, с дополнительной возможностью переключения файла при превышения 1ГБ, установите log_filename в server_log.%H%M, log_truncate_on_rotation в on, log_rotation_age в 60 и log_rotation_size в 1000000. Добавление %M в log_filename позволит при переключении по размеру указать другое имя файла в пределах одного часа.

syslog_facility (enum)

При включённом протоколировании в syslog, этот параметр определяет значение «facility». Допустимые значения LOCAL0, LOCAL1, LOCAL2, LOCAL3, LOCAL4, LOCAL5, LOCAL6, LOCAL7. По умолчанию используется LOCAL0. Подробнее в документации на системный демон syslog. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

syslog_ident (string)

При включённом протоколировании в syslog, этот параметр задаёт имя программы, которое будет использоваться в syslog для идентификации сообщений относящихся к PostgreSQL. По умолчанию используется postgres. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

syslog_sequence_numbers (boolean)

Когда сообщения выводятся в syslog и этот параметр включён (по умолчанию), все сообщения будут предваряться последовательно увеличивающимися номерами (например, [2]). Это позволяет обойти подавление повторов «--- последнее сообщение повторилось N раз ---», которое по умолчанию осуществляется во многих реализациях syslog. В более современных реализациях syslog подавление повторных сообщений можно настроить (например, в rsyslog есть директива $RepeatedMsgReduction), так что это может излишне. Если же вы действительно хотите, чтобы повторные сообщения подавлялись, вы можете отключить этот параметр.

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

syslog_split_messages (boolean)

Когда активен вывод сообщений в syslog, этот параметр определяет, как будут доставляться сообщения. Если он включён (по умолчанию), сообщения разделяются по строкам, а длинные строки разбиваются на строки не длиннее 1024 байт, что составляет типичное ограничение размера для традиционных реализаций syslog. Когда он отключён, сообщения сервера PostgreSQL передаются службе syslog как есть, и она должна сама корректно воспринять потенциально длинные сообщения.

Если syslog в итоге выводит сообщения в текстовый файл, результат будет тем же и лучше оставить этот параметр включённым, так как многие реализации syslog не способны обрабатывать большие сообщения или их нужно специально настраивать для этого. Но если syslog направляет сообщения в некоторую другую среду, может потребоваться или будет удобнее сохранять логическую целостность сообщений.

Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

event_source (string)

При включённом протоколировании в event log, этот параметр задаёт имя программы, которое будет использоваться в журнале событий для идентификации сообщений относящихся к PostgreSQL. По умолчанию используется PostgreSQL. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

19.8.2. Когда протоколировать

log_min_messages (enum)

Управляет минимальным уровнем сообщений, записываемых в журнал сервера. Допустимые значения DEBUG5, DEBUG4, DEBUG3, DEBUG2, DEBUG1, INFO, NOTICE, WARNING, ERROR, LOG, FATAL и

PANIC. Каждый из перечисленных уровней включает все идущие после него. Чем дальше в этом списке уровень сообщения, тем меньше сообщений будет записано в журнал сервера. По умолчанию используется WARNING. Обратите внимание, позиция LOG здесь отличается от принятой в client_min_messages. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

log_min_error_statement (enum)

Управляет тем, какие SQL-операторы, завершившиеся ошибкой, записываются в журнал сервера. SQL-оператор будет записан в журнал, если он завершится ошибкой с указанным уровнем важности или выше. Допустимые значения: DEBUG5, DEBUG4, DEBUG3, DEBUG2, DEBUG1, INFO, NOTICE, WARNING, ERROR, LOG, FATAL и PANIC. По умолчанию используется ERROR. Это означает, что в журнал сервера будут записаны все операторы, завершившиеся сообщением с уровнем важности ERROR, LOG, FATAL и PANIC. Чтобы фактически отключить запись операторов с ошибками, установите для этого параметра значение PANIC. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

log_min_duration_statement (integer)

Записывает в журнал продолжительность выполнения всех команд, время работы которых не меньше указанного. Например, при значении 250ms в журнал сервера будут записаны все команды, выполняющиеся 250 миллисекунд и дольше. С помощью этого параметра можно выявить неоптимизированные запросы в приложениях. Если значение этого параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При нулевом значении записывается продолжительность выполнения всех команд. Со значением -1 (по умолчанию) запись полностью отключается. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр переопределяет log_min_duration_sample, то есть запросы с длительностью, превышающей заданное значение, всегда фиксируются в журнале, вне зависимости от параметров извлечения выборки.

Для клиентов, использующих расширенный протокол запросов, будет записываться продолжительность фаз: разбор, связывание и выполнение.

Примечание

При использовании совместно с log_statement, текст SQL-операторов будет записываться только один раз (от использования log_statement) и не будет задублирован в сообщении о длительности выполнения. Если не используется вывод в syslog, то рекомендуется в log_line_prefix включить идентификатор процесса или сеанса. Это позволит связать текст запроса с записью о продолжительности выполнения, которая появится позже.

log_min_duration_sample (integer)

Позволяет сделать выборку по продолжительности команд, которые выполнялись не менее чем определённое время. При этом в журнал будут вноситься такие же записи, как и при включённом параметре log_min_duration_statement, но не для всех команд, а только для их подмножества, ограничиваемого параметром log_statement_sample_rate. Например, при значении 100ms предварительно для выборки будут отобраны все SQL-операторы, выполняющиеся 100 миллисекунд и дольше. Этот параметр может быть полезен, когда количество запросов слишком велико, чтобы записывать в журнал их все. Если значение этого параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При нулевом значении для выборки отбираются команды с любой продолжительностью. Со значением -1 (по умолчанию) формирование выборки по продолжительности полностью отключается. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр имеет меньший приоритет, чем log_min_duration_statement, то есть команды с длительностью, превышающей log_min_duration_statement, будут регистрироваться в журнале всегда, вне зависимости от того, какой будет выборка.

Другие замечания, относящиеся к log_min_duration_statement, применимы так же и к данному параметру.

log_statement_sample_rate (floating point)

Определяет, какая доля команд с длительностью, достигшей log_min_duration_sample, будет регистрироваться в журнале. Выборка формируется вероятностным образом, например, со значением 0.5 можно считать, что шанс попадания каждой отдельной команды в выборку равен один к двум. Значение по умолчанию — 1.0, то есть выбираются и регистрируются все команды. Со значением 0 запись команд выборки, в зависимости от их длительности, отключается, так же как и при log_min_duration_sample, равном -1. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

log_transaction_sample_rate (floating point)

Задаёт долю транзакций, команды из которых будут записываться в журнал дополнительно (помимо команд, записываемых по другим причинам). Этот параметр действует на все транзакции, независимо от длительности команд. Выборка осуществляется вероятностным образом, например, со значением 0.1 можно считать, что каждая транзакция может попасть в журнал с шансом один к десяти. Параметр log_transaction_sample_rate может быть полезен для анализа выборки транзакций. Значение по умолчанию — 0, то есть команды из дополнительно выбираемых транзакций не записываются. При значении 1 записываются все команды из всех транзакций. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Примечание

С этим параметром, как и со всеми остальными, управляющими журналированием команд, могут быть связаны значительные издержки.

В Таблице 19.2 поясняются уровни важности сообщений в PostgreSQL. Также в этой таблице показано, как эти уровни транслируются в системные при использовании syslog или eventlog в Windows.

Таблица 19.2. Уровни важности сообщений

Уровень	Использование	syslog	eventlog
DEBUG1 .. DEBUG5	Более детальная информация для разработчиков. Чем больше номер, тем детальнее.	DEBUG	INFORMATION
INFO	Неявно запрошенная пользователем информация, например вывод команды VACUUM VERBOSE.	INFO	INFORMATION
NOTICE	Информация, которая может быть полезной пользователям. Например, уведомления об усечении длинных идентификаторов.	NOTICE	INFORMATION
WARNING	Предупреждения о возможных проблемах. Например, COMMIT вне транзакционного блока.	NOTICE	WARNING
ERROR	Сообщает об ошибке, из-за которой прервана текущая команда.	WARNING	ERROR
LOG	Информация, полезная для администраторов. Например, выполнение контрольных точек.	INFO	INFORMATION
FATAL	Сообщает об ошибке, из-за которой прерван текущий сеанс.	ERR	ERROR

Уровень	**Использование**	**syslog**	**eventlog**
PANIC	Сообщает об ошибке, из-за которой прерваны все сеансы.	CRIT	ERROR

19.8.3. Что протоколировать

> **Примечание**
>
> Выбирая, что будет записываться в протокол, важно учитывать возможные риски безопасности; подробнее об этом говорится в Разделе 24.3.

application_name (string)

: application_name — это любая строка длиной не более NAMEDATALEN символов (64 символа при стандартной сборке). Обычно устанавливается приложением при подключении к серверу. Значение отображается в представлении pg_stat_activity и добавляется в журнал сервера, при использовании формата CSV. Для прочих форматов, application_name можно добавить в журнал через параметр log_line_prefix. Значение application_name может содержать только печатные ASCII символы. Остальные символы будут заменены знаками вопроса (?).

debug_print_parse (boolean)
debug_print_rewritten (boolean)
debug_print_plan (boolean)

: Эти параметры включают вывод различной отладочной информации. А именно: вывод дерева запроса, дерево запроса после применения правил или плана выполнения запроса, соответственно. Все эти сообщения имеют уровень LOG. Поэтому, по умолчанию, они записываются в журнал сервера, но не отправляются клиенту. Отправку клиенту можно настроить через client_min_messages и/или log_min_messages. По умолчанию параметры выключены.

debug_pretty_print (boolean)

: Включает выравнивание сообщений, выводимых debug_print_parse, debug_print_rewritten или debug_print_plan. В результате сообщения легче читать, но они значительно длиннее, чем в формате «compact», который используется при выключенном значении. По умолчанию включён.

log_checkpoints (boolean)

: Включает протоколирование выполнения контрольных точек и точек перезапуска сервера. При этом записывается некоторая статистическая информация. Например, число записанных буферов и время, затраченное на их запись. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию выключен.

log_connections (boolean)

: Включает протоколирование всех попыток подключения к серверу, в том числе успешного завершения аутентификации клиентов. Изменить его можно только в начале сеанса и сделать это могут только суперпользователи. Значение по умолчанию — off.

> **Примечание**
>
> Некоторые программы, например psql, предпринимают две попытки подключения (первая для определения, нужен ли пароль). Поэтому дублирование сообщения «connection received» не обязательно говорит о наличии проблемы.

log_disconnections (boolean)

: Включает протоколирование завершения сеанса. В журнал выводится примерно та же информация, что и с log_connections, плюс длительность сеанса. Изменить этот параметр можно только в начале сеанса и сделать это могут только суперпользователи. Значение по умолчанию — off.

log_duration (boolean)

Записывает продолжительность каждой завершённой команды. По умолчанию выключен. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

Для клиентов, использующих расширенный протокол запросов, будет записываться продолжительность фаз: разбор, связывание и выполнение.

Примечание

Включение параметра log_duration не равнозначно установке нулевого значения для log_min_duration_statement. Разница в том, что при превышении значения log_min_duration_statement в журнал записывается текст запроса, а при включении данного параметра — нет. Таким образом, при log_duration = on и положительном значении log_min_duration_statement в журнал записывается длительность для всех команд, а текст запроса — только для команд с длительностью, превышающей предел. Такое поведение может оказаться полезным при сборе статистики в условиях большой нагрузки.

log_error_verbosity (enum)

Управляет количеством детальной информации, записываемой в журнал сервера для каждого сообщения. Допустимые значения: TERSE, DEFAULT и VERBOSE. Каждое последующее значение добавляет больше полей в выводимое сообщение. Для TERSE из сообщения об ошибке исключаются поля DETAIL, HINT, QUERY и CONTEXT. Для VERBOSE в сообщение включается код ошибки SQLSTATE (см. Приложение A), а также имя файла с исходным кодом, имя функции и номер строки сгенерировавшей ошибку. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

log_hostname (boolean)

По умолчанию, сообщения журнала содержат лишь IP-адрес подключившегося клиента. При включении этого параметра, дополнительно будет фиксироваться и имя сервера. Обратите внимание, что в зависимости от применяемого способа разрешения имён, это может отрицательно сказаться на производительности. Задать этот параметр можно только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

log_line_prefix (string)

Строка, в стиле функции printf, которая выводится в начале каждой строки журнала сообщений. С символов % начинаются управляющие последовательности, которые заменяются статусной информацией, описанной ниже. Неизвестные управляющие последовательности игнорируются. Все остальные символы напрямую копируются в выводимую строку. Некоторые управляющие последовательности используются только для пользовательских процессов и будут игнорироваться фоновыми процессами, например основным процессом сервера. Статусная информация может быть выровнена по ширине влево или вправо указанием числа после % и перед кодом последовательности. Отрицательное число дополняет значение пробелами справа до заданной ширины, а положительное число — слева. Выравнивание может быть полезно для улучшения читаемости.

Этот параметр можно задать только в postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр имеет значение '%m [%p] ', с которым в журнал выводится время и идентификатор процесса (PID).

Спецсимвол	Назначение	Только для пользовательского процесса
%a	Имя приложения (application_name)	да

Спецсимвол	Назначение	Только для пользовательского процесса
`%u`	Имя пользователя	да
`%d`	Имя базы данных	да
`%r`	Имя удалённого узла или IP-адрес, а также номер порта	да
`%h`	Имя удалённого узла или IP-адрес	да
`%b`	Тип обслуживающего процесса	нет
`%p`	Идентификатор процесса	нет
`%t`	Штамп времени, без миллисекунд	нет
`%m`	Штамп времени, с миллисекундами	нет
`%n`	Штамп времени, с миллисекундами (в виде времени Unix)	нет
`%i`	Тег команды: тип текущей команды в сеансе	да
`%e`	Код ошибки SQLSTATE	нет
`%c`	Идентификатор сеанса. Подробности ниже	нет
`%l`	Номер строки журнала для каждого сеанса или процесса. Начинается с 1	нет
`%s`	Штамп времени начала процесса	нет
`%v`	Идентификатор виртуальной транзакции (backendID/localXID)	нет
`%x`	Идентификатор транзакции (0 если не присвоен)	нет
`%q`	Ничего не выводит. Непользовательские процессы останавливаются в этой точке. Игнорируется пользовательскими процессами	нет
`%%`	Выводит `%`	нет

Тип обслуживающего процесса соответствует содержимому столбца `backend_type` в представлении `pg_stat_activity`, но в журнале могут фигурировать и другие типы, которые не показываются в этом представлении.

Спецпоследовательность `%c` заменяется на практически уникальный идентификатор сеанса, содержащий из 4 шестнадцатеричных чисел (без ведущих нулей), разделённых точками. Эти числа представляют время запуска процесса и его PID, так что `%c` можно использовать как более компактную альтернативу совокупности этих двух элементов. Чтобы получить такой идентификатор сеанса, например из `pg_stat_activity`, воспользуйтесь этим запросом:

```
SELECT to_hex(trunc(EXTRACT(EPOCH FROM backend_start))::integer) || '.' ||
```

```
       to_hex(pid)
FROM pg_stat_activity;
```

Подсказка

Последним символом в `log_line_prefix` лучше оставлять пробел, чтобы отделить от остальной строки. Можно использовать и символы пунктуации.

Подсказка

Syslog также формирует штамп времени и идентификатор процесса, поэтому вероятно нет смысла использовать соответствующие управляющие последовательности при использовании syslog.

Подсказка

Спецпоследовательность `%q` полезна для включения информации, которая существует только в контексте сеанса (обслуживающего процесса), например, имя пользователя или базы данных. Например:

```
log_line_prefix = '%m [%p] %q%u@%d/%a '
```

`log_lock_waits` (`boolean`)

Определяет, нужно ли фиксировать в журнале события, когда сеанс ожидает получения блокировки дольше, чем указано в deadlock_timeout. Это позволяет выяснить, не связана ли низкая производительность с ожиданием блокировок. По умолчанию отключено. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`log_parameter_max_length` (`integer`)

Положительное значение устанавливает количество байт, до которого будут усекаться значения привязанных SQL-параметров, выводимые в сообщениях вместе с SQL-операторами (это не относится к регистрации ошибок). Ноль отключает вывод значений привязанных параметров в таких сообщениях. Значение `-1` (по умолчанию) позволяет получить в журнале привязанные параметры в полном объёме. Если значение этого параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в байтах. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр влияет только на сообщения, выводимые в журнал по критериям, которые устанавливают параметры log_statement, log_duration и связанные с ними. С ненулевыми значениями этого параметра сопряжены некоторые издержки, особенно если привязанные значения передаются в двоичной форме, так как их нужно будет переводить в текстовый вид.

`log_parameter_max_length_on_error` (`integer`)

Положительное значение устанавливает количество байт, до которого будут усекаться значения привязанных SQL-параметров, выводимые вместе с SQL-операторами при регистрации ошибок. Нулевое значение отключает вывод значений привязанных операторов в сообщениях об ошибках. Значение `-1` (по умолчанию) позволяет получить в журнале привязанные параметры в полном объёме. Если значение этого параметра задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в байтах.

С ненулевыми значениями этого параметра сопряжены некоторые издержки, так как PostgreSQL должен будет сформировать в памяти текстовые представления всех значений параметров перед выполнением всех операторов, в том числе, выполненных в итоге без ошибок. Издержки дополнительно возрастают, когда привязанные параметры передаются не в текстовой, а в двоичной форме, так как их недостаточно просто скопировать в строку, их нужно ещё преобразовать.

`log_statement` (`enum`)

Управляет тем, какие SQL-команды записывать в журнал. Допустимые значения: `none` (отключено), `ddl`, `mod` и `all` (все команды). `ddl` записывает все команды определения данных, такие как `CREATE`, `ALTER`, `DROP`. `mod` записывает все команды `ddl`, а также команды изменяющие данные, такие как `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE` и `COPY FROM`. `PREPARE`, `EXECUTE` и `EXPLAIN ANALYZE` также записываются, если вызваны для команды соответствующего типа. Если клиент использует расширенный протокол запросов, то запись происходит на фазе выполнения и содержит значения всех связанных переменных (если есть символы одиночных кавычек, то они дублируются).

По умолчанию `none`. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

> **Примечание**
>
> Команды с синтаксическими ошибками не записываются, даже если `log_statement` = `all`, так как сообщение формируется только после выполнения предварительного разбора, определяющего тип команды. При расширенном протоколе запросов, похожим образом не будут записываться команды, неуспешно завершившиеся до фазы выполнения (например, при разборе или построении плана запроса). Для включения в журнал таких команд установите `log_min_error_statement` в `ERROR` (или ниже).
>
> Записываемые в журнал команды могут раскрывать конфиденциальные данные и даже содержать незашифрованные пароли.

`log_replication_commands` (`boolean`)

Включает запись в журнал сервера всех команд репликации. Подробнее о командах репликации можно узнать в Разделе 52.4. Значение по умолчанию — `off`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`log_temp_files` (`integer`)

Управляет регистрацией в журнале имён и размеров временных файлов. Временные файлы могут использоваться для сортировки, хеширования и временного хранения результатов запросов. Когда этот параметр включён, при удалении временного файла информация о нём может записываться в журнал. При нулевом значении записывается информация обо всех файлах, а при положительном — о файлах, размер которых не меньше заданной величины. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Значение по умолчанию равно -1, то есть запись такой информации отключена. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`log_timezone` (`string`)

Устанавливает часовой пояс для штампов времени при записи в журнал сервера. В отличие от TimeZone, это значение одинаково для всех баз данных кластера, поэтому для всех сеансов используются согласованные значения штампов времени. Встроенное значение по умолчанию `GMT`, но оно переопределяется в `postgresql.conf`: initdb записывает в него значение, соответствующее системной среде. Подробнее об этом в Подразделе 8.5.3. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.8.4. Использование вывода журнала в формате CSV

Добавление `csvlog` в `log_destination` делает удобным загрузку журнальных файлов в таблицу базы данных. Строки журнала представляют собой значения разделённые запятыми (CSV формат) со следующими полями: штамп времени с миллисекундами; имя пользователя; имя базы данных; идентификатор процесса; клиентский узел:номер порта; идентификатор сеанса; номер строки каждого сеанса; тег команды; время начала сеанса; виртуальный идентификатор транзакции; идентификатор транзакции; уровень важности ошибки; код ошибки SQLSTATE; сообщение об ошибке; подробности к сообщению об ошибке; подсказка к сообщению об ошибке; внутренний запрос, приведший к ошибке (если есть); номер символа внутреннего запроса, где произошла ошибка; контекст ошибки; запрос пользователя, приведший к ошибке (если есть и включён `log_min_error_statement`); номер символа в запросе пользователя, где произошла ошибка; расположение ошибки в исходном коде PostgreSQL (если `log_error_verbosity` установлен в `verbose`), имя приложения и тип обслуживающего процесса. Вот пример определения таблицы, для хранения журналов в формате CSV:

```
CREATE TABLE postgres_log
(
  log_time timestamp(3) with time zone,
  user_name text,
  database_name text,
  process_id integer,
  connection_from text,
  session_id text,
  session_line_num bigint,
  command_tag text,
  session_start_time timestamp with time zone,
  virtual_transaction_id text,
  transaction_id bigint,
  error_severity text,
  sql_state_code text,
  message text,
  detail text,
  hint text,
  internal_query text,
  internal_query_pos integer,
  context text,
  query text,
  query_pos integer,
  location text,
  application_name text,
  backend_type text,
  PRIMARY KEY (session_id, session_line_num)
);
```

Для загрузки журнального файла в такую таблицу можно использовать команду `COPY FROM`:

```
COPY postgres_log FROM '/full/path/to/logfile.csv' WITH csv;
```

Также можно обратиться к этому файлу как к сторонней таблице, используя поставляемый модуль file_fdw.

Для упрощения загрузки журналов в CSV формате используйте следующее:

1. Установите для `log_filename` и `log_rotation_age` значения, гарантирующие согласованную и предсказуемую схему именования журнальных файлов. Зная, какие имена будут у журнальных файлов, можно определить, когда конкретный файл заполнен и готов к загрузке.
2. Установите `log_rotation_size` в 0, чтобы запретить ротацию файлов по достижении определённого размера, так как это делает непредсказуемой схему именования журнальных файлов.
3. Установите `log_truncate_on_rotation` в `on`, чтобы новые сообщения не смешивались со старыми при переключении на существующий файл.
4. Определение таблицы содержит первичный ключ. Это полезно для предотвращения случайной повторной загрузки данных. Команда `COPY` фиксирует изменения один раз, поэтому любая ошибка приведёт к отмене всей загрузки. Если сначала загрузить неполный журнальный файл,

то его повторная загрузка (по заполнении) приведёт к нарушению первичного ключа и, следовательно, к ошибке загрузки. Поэтому необходимо дожидаться окончания записи в журнальный файл перед началом загрузки. Похожим образом предотвращается случайная загрузка частично сформированной строки сообщения, что также приведёт к сбою в команде `COPY`.

19.8.5. Заголовок процесса

Эти параметры влияют на то, как формируются заголовки серверных процессов. Заголовок процесса обычно можно наблюдать в программах типа ps, а в Windows — в Process Explorer. За подробностями обратитесь к Разделу 27.1.

`cluster_name` (`string`)

Задаёт имя, которое идентифицирует данный кластер (экземпляр сервера) для различных целей. Имя кластера выводится в заголовке процесса для всех серверных процессов в данном кластере. Более того, это имя будет именем приложения по умолчанию, используемым при подключении ведомого сервера (см. synchronous_standby_names).

Это имя может быть любой строкой не длиннее `NAMEDATALEN` символов (64 символа в стандартной сборке). В строке `cluster_name` могут использоваться только печатаемые ASCII-символы. Любой другой символ будет заменён символом вопроса (`?`). Если этот параметр содержит пустую строку `''` (это значение по умолчанию), никакое имя не выводится. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`update_process_title` (`boolean`)

Включает изменение заголовка процесса при получении сервером каждой очередной команды SQL. На большинстве платформ он включён (имеет значение `on`), но в Windows по умолчанию выключен (`off`) ввиду больших издержек на изменение этого заголовка. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

19.9. Статистика времени выполнения

19.9.1. Сбор статистики по запросам и индексам

Эти параметры управляет функциями сбора статистики на уровне сервера. Когда ведётся сбор статистики, собираемые данные можно просмотреть в семействе системных представлений `pg_stat` и `pg_statio`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 27.

`track_activities` (`boolean`)

Включает сбор сведений о текущих командах, выполняющихся во всех сеансах (в частности, отслеживается время запуска команды). По умолчанию этот параметр включён. Заметьте, что даже когда сбор ведётся, собранная информация доступна не для всех пользователей, а только для суперпользователей и пользователей, включённых в роль `pg_read_all_stats`. Также пользователям доступна информация о командах в их сеансах (включая сеансы ролей, в которые эти пользователи включены). Поэтому это не должно повлечь риски, связанные с безопасностью. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_activity_query_size` (`integer`)

Задаёт объём памяти, резервируемой для хранения текста выполняемой в данный момент команды в каждом активном сеансе, для поля `pg_stat_activity.query`. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в байтах. Значение по умолчанию — 1024 байта. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`track_counts` (`boolean`)

Включает сбор статистики активности в базе данных. Этот параметр по умолчанию включён, так как собранная информация требуется демону автоочистки. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_io_timing` (boolean)

Включает замер времени операций ввода/вывода. Этот параметр по умолчанию отключён, так как для этого требуется постоянно запрашивать текущее время у операционной системы, что может значительно замедлить работу на некоторых платформах. Для оценивания издержек замера времени на вашей платформе можно воспользоваться утилитой pg_test_timing. Статистику ввода/вывода можно получить через представление `pg_stat_database`, в выводе EXPLAIN (когда используется параметр `BUFFERS`) и через представление pg_stat_statements. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_functions` (enum)

Включает подсчёт вызовов функций и времени их выполнения. Значение `pl` включает отслеживание только функций на процедурном языке, а `all` — также функций на языках SQL и C. Значение по умолчанию — `none`, то есть сбор статистики по функциям отключён. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

> **Примечание**
>
> Функции на языке SQL, достаточно простые для «внедрения» в вызывающий запрос, отслеживаться не будут вне зависимости от этого параметра.

`stats_temp_directory` (string)

Задаёт каталог, в котором будут храниться временные данные статистики. Этот путь может быть абсолютным или задаваться относительно каталога данных. Значение по умолчанию — `pg_stat_tmp`. Если разместить целевой каталог в файловой системе в ОЗУ, это снизит нагрузку на физическое дисковое хранилище и может увеличить быстродействие. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.9.2. Мониторинг статистики

`log_statement_stats` (boolean)
`log_parser_stats` (boolean)
`log_planner_stats` (boolean)
`log_executor_stats` (boolean)

Эти параметры включают вывод статистики по производительности соответствующего модуля в протокол работы сервера. Это грубый инструмент профилирования, похожий на функцию `getrusage()` в операционной системе. Параметр `log_statement_stats` включает вывод общей статистики по операторам, тогда как другие управляют статистикой по модулям (разбор, планирование, выполнение). Включить `log_statement_stats` одновременно с параметрами, управляющими модулями, нельзя. По умолчанию все эти параметры отключены. Изменить эти параметры могут только суперпользователи.

19.10. Автоматическая очистка

Эти параметры управляют поведением механизма *автоочистки*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.6. Заметьте, что многие из этих параметров могут быть переопределены на уровне таблиц; см. Параметры хранения.

`autovacuum` (boolean)

Управляет состоянием демона, запускающего автоочистку. По умолчанию он включён, но чтобы автоочистка работала, нужно также включить track_counts. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако автоочистку можно отключить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

Заметьте, что даже если этот параметр отключён, система будет запускать процессы автоочистки, когда это необходимо для предотвращения зацикливания идентификаторов транзакций. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`log_autovacuum_min_duration` (integer)

Задаёт время выполнения действия автоочистки, при превышении которого информация об этом действии записывается в журнал. При нулевом значении в журнале фиксируются все действия автоочистки. Значение `-1` (по умолчанию) отключает журналирование действий автоочистки. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Например, если задать значение `250ms`, в журнале будут фиксироваться все операции автоматической очистки и анализа, выполняемые дольше 250 мс. Кроме того, когда этот параметр имеет любое значение, отличное от `-1`, в журнал будет записываться сообщение в случае пропуска действия автоочистки из-за конфликтующей блокировки или параллельного удаления отношения. Таким образом, включение этого параметра позволяет отслеживать активность автоочистки. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_max_workers` (integer)

Задаёт максимальное число процессов автоочистки (не считая процесс, запускающий автоочистку), которые могут выполняться одновременно. По умолчанию это число равно трём. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`autovacuum_naptime` (integer)

Задаёт минимальную задержку между двумя запусками автоочистки для отдельной базы данных. Демон автоочистки проверяет базу данных через заданный интервал времени и выдаёт команды `VACUUM` и `ANALYZE`, когда это требуется для таблиц этой базы. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. По умолчанию задержка равна одной минуте (`1min`). Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`autovacuum_vacuum_threshold` (integer)

Задаёт минимальное число изменённых или удалённых кортежей, при котором будет выполняться `VACUUM` для отдельно взятой таблицы. Значение по умолчанию — 50 кортежей. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_insert_threshold` (integer)

Задаёт число добавленных кортежей, при достижении которого будет выполняться `VACUUM` для отдельно взятой таблицы. Значение по умолчанию — 1000 кортежей. При значении -1 процедура автоочистки не будет производить операции `VACUUM` с таблицами в зависимости от числа добавленных строк. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_analyze_threshold` (integer)

Задаёт минимальное число добавленных, изменённых или удалённых кортежей, при котором будет выполняться `ANALYZE` для отдельно взятой таблицы. Значение по умолчанию — 50 кортежей. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_scale_factor` (floating point)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к `autovacuum_vacuum_threshold` при выборе порога срабатывания команды `VACUUM`. Значение по умолчанию — 0.2 (20% от размера таблицы). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_insert_scale_factor` (`floating point`)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к `autovacuum_vacuum_insert_threshold` при выборе порога срабатывания команды `VACUUM`. Значение по умолчанию — 0.2 (20% от размера таблицы). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_analyze_scale_factor` (`floating point`)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к `autovacuum_analyze_threshold` при выборе порога срабатывания команды `ANALYZE`. Значение по умолчанию — 0.1 (10% от размера таблицы). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_freeze_max_age` (`integer`)

Задаёт максимальный возраст (в транзакциях) для поля `pg_class.relfrozenxid` некоторой таблицы, при достижении которого будет запущена операция `VACUUM` для предотвращения зацикливания идентификаторов транзакций в этой таблице. Заметьте, что система запустит процессы автоочистки для предотвращения зацикливания, даже если для всех других целей автоочистка отключена.

При очистке могут также удаляться старые файлы из подкаталога `pg_xact`, поэтому значение по умолчанию сравнительно мало — 200 миллионов транзакций. Задать этот параметр можно только при запуске сервера, но для отдельных таблиц его можно определить по-другому, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`autovacuum_multixact_freeze_max_age` (`integer`)

Задаёт максимальный возраст (в мультитранзакциях) для поля `pg_class.relminmxid` таблицы, при достижении которого будет запущена операция `VACUUM` для предотвращения зацикливания идентификаторов мультитранзакций в этой таблице. Заметьте, что система запустит процессы автоочистки для предотвращения зацикливания, даже если для всех других целей автоочистка отключена.

При очистке мультитранзакций могут также удаляться старые файлы из подкаталогов `pg_multixact/members` и `pg_multixact/offsets`, поэтому значение по умолчанию сравнительно мало — 400 миллионов мультитранзакций. Этот параметр можно задать только при запуске сервера, но для отдельных таблиц его можно определить по-другому, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

`autovacuum_vacuum_cost_delay` (`floating point`)

Задаёт задержку при превышении предела стоимости, которая будет применяться при автоматических операциях `VACUUM`. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При значении -1 применяется обычная задержка vacuum_cost_delay. Значение по умолчанию — 2 миллисекунды. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_cost_limit` (`integer`)

Задаёт предел стоимости, который будет учитываться при автоматических операциях `VACUUM`. При значении -1 (по умолчанию) применяется обычное значение vacuum_cost_limit. Заметьте, что это значение распределяется пропорционально среди всех работающих процессов автоочистки, если их больше одного, так что сумма ограничений всех процессов никогда не превосходит данный предел. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

19.11. Параметры клиентских сеансов по умолчанию

19.11.1. Поведение команд

client_min_messages (enum)

Управляет минимальным уровнем сообщений, посылаемых клиенту. Допустимые значения DEBUG5, DEBUG4, DEBUG3, DEBUG2, DEBUG1, LOG, NOTICE, WARNING и ERROR. Каждый из перечисленных уровней включает все идущие после него. Чем дальше в этом списке уровень сообщения, тем меньше сообщений будет посылаться клиенту. По умолчанию используется NOTICE. Обратите внимание, позиция LOG здесь отличается от принятой в log_min_messages.

Сообщения уровня INFO передаются клиенту всегда.

search_path (string)

Эта переменная определяет порядок, в котором будут просматриваться схемы при поиске объекта (таблицы, типа данных, функции и т. д.), к которому обращаются просто по имени, без указания схемы. Если объекты с одинаковым именем находятся в нескольких схемах, использоваться будет тот, что встретится первым при просмотре пути поиска. К объекту, который не относится к схемам, перечисленным в пути поиска, можно обратиться только по полному имени (с точкой), с указанием содержащей его схемы.

Значением search_path должен быть список имён схем через запятую. Если для имени, указанного в этом списке, не находится существующая схема, либо пользователь не имеет права USAGE для схемы с этим именем, такое имя просто игнорируется.

Если список содержит специальный элемент $user, вместо него подставляется схема с именем, возвращаемым функцией CURRENT_USER, если такая схема существует и пользователь имеет право USAGE для неё. (В противном случае элемент $user игнорируется.)

Схема системных каталогов, pg_catalog, просматривается всегда, независимо от того, указана она в пути или нет. Если она указана в пути, она просматривается в заданном порядке. Если же pg_catalog отсутствует в пути, эта схема будет просматриваться *перед* остальными элементами пути.

Аналогично всегда просматривается схема временных таблиц текущего сеанса, pg_temp_*nnn*, если она существует. Её можно включить в путь поиска, указав её псевдоним pg_temp. Если она отсутствует в пути, она будет просматриваться первой (даже перед pg_catalog). Временная схема просматривается только при поиске отношений (таблиц, представлений, последовательностей и т. д.) и типов данных, но никогда при поиске функций и операторов.

Когда объекты создаются без указания определённой целевой схемы, они помещаются в первую пригодную схему, указанную в search_path. Если путь поиска схем пуст, выдаётся ошибка.

По умолчанию этот параметр имеет значение "$user", public. При таком значении поддерживается совместное использование базы данных (когда пользователи не имеют личных схем, все используют схему public), использование личных схем, а также комбинация обоих вариантов. Другие подходы можно реализовать, изменяя значение пути по умолчанию, либо глобально, либо индивидуально для каждого пользователя.

Более подробно обработка схем описана в Разделе 5.9. В частности, стандартная конфигурация схем подходит только для баз данных с одним пользователем или с взаимно доверяющими пользователями.

Текущее действующее значение пути поиска можно получить, воспользовавшись SQL-функцией current_schemas (см. Раздел 9.26). Это значение может отличаться от значения search_path, так как current_schemas показывает, как были преобразованы элементы, фигурирующие в search_path.

row_security (boolean)

Эта переменная определяет, должна ли выдаваться ошибка при применении политик защиты строк. Со значением on политики применяются в обычном режиме. Со значением off запросы, ограничиваемые минимум одной политикой, будут выдавать ошибку. Значение по умолчанию — on. Значение off рекомендуется, когда ограничение видимости строк чревато некорректными результатами; например, pg_dump устанавливает это значение. Эта переменная не влияет на роли, которые обходят все политики защиты строк, а именно, на суперпользователей и роли с атрибутом BYPASSRLS.

Подробнее о политиках защиты строк можно узнать в описании CREATE POLICY.

default_table_access_method (string)

Этот параметр задаёт табличный метод доступа по умолчанию, который будет использоваться при создании таблиц или материализованных представлений, если в команде CREATE не будет явно указан метод доступа, или при выполнении команды SELECT ... INTO, в которой явно задать метод доступа нельзя. Значение по умолчанию — heap.

default_tablespace (string)

Эта переменная устанавливает табличное пространство по умолчанию, в котором будут создаваться объекты (таблицы и индексы), когда в команде CREATE табличное пространство не указывается явно.

Её значением может быть либо имя табличного пространства, либо пустая строка, подразумевающая использование табличного пространства по умолчанию в текущей базе данных. Если табличное пространство с заданным именем не существует, PostgreSQL будет автоматически использовать табличное пространство по умолчанию. Если используется не пространство по умолчанию, пользователь должен иметь право CREATE для него, иначе он не сможет создавать объекты.

Эта переменная не используется для временных таблиц; для них задействуется temp_tablespaces.

Эта переменная также не используется при создании баз данных. По умолчанию, новая база данных наследует выбор табличного пространства от базы-шаблона, из которой она копируется.

Если на момент создания секционированной таблицы значение этого параметра отлично от пустого, оно задаёт табличное пространство для секционированной таблицы, в котором по умолчанию будут располагаться её секции, создаваемые в дальнейшем, даже если позже значение default_tablespace будет изменено.

За дополнительными сведениями о табличных пространствах обратитесь к Разделу 22.6.

temp_tablespaces (string)

Эта переменная задаёт табличные пространства, в которых будут создаваться временные объекты (временные таблицы и индексы временных таблиц), когда в команде CREATE табличное пространство не указывается явно. В этих табличных пространствах также создаются временные файлы для внутреннего использования, например, для сортировки больших наборов данных.

Её значение содержит список имён табличных пространств. Когда этот список содержит больше одного имени, PostgreSQL выбирает из этого списка случайный элемент при создании каждого временного объекта; однако при создании последующих объектов внутри транзакции табличные пространства перебираются последовательно. Если в этом списке оказывается пустая строка, PostgreSQL будет автоматически использовать вместо этого элемента табличное пространство по умолчанию для текущей базы данных.

Когда `temp_tablespaces` задаётся интерактивно, указание несуществующего табличного пространства считается ошибкой, как и указание табличного пространства, для которого пользователь не имеет права `CREATE`. Однако при использовании значения, заданного ранее, несуществующие табличные пространства и пространства, для которых у пользователя нет права `CREATE`, просто игнорируются. В частности, это касается значения, заданного в `postgresql.conf`.

По умолчанию значение этой переменной — пустая строка. С таким значением все временные объекты создаются в табличном пространстве по умолчанию, установленном для текущей базы данных.

См. также default_tablespace.

`check_function_bodies` (`boolean`)

Этот параметр обычно включён. Выключение этого параметра (присваивание ему значения `off`) отключает проверку строки с телом функции, передаваемой команде CREATE FUNCTION. Отключение проверки позволяет избежать побочных эффектов процесса проверки и исключить ложные срабатывания из-за таких проблем, как ссылки вперёд. Этому параметру нужно присваивать значение `off` перед загрузкой функций от лица других пользователей; pg_dump делает это автоматически.

`default_transaction_isolation` (`enum`)

Для каждой транзакции в SQL устанавливается уровень изоляции: «read uncommitted», «read committed», «repeatable read» или «serializable». Этот параметр задаёт уровень изоляции, который будет устанавливаться по умолчанию для новых транзакций. Значение этого параметра по умолчанию — «read committed».

Дополнительную информацию вы можете найти в Главе 13 и SET TRANSACTION.

`default_transaction_read_only` (`boolean`)

SQL-транзакции в режиме «только чтение» не могут модифицировать не временные таблицы. Этот параметр определяет, будут ли новые транзакции по умолчанию иметь характеристику «только чтение». Значение этого параметра по умолчанию — `off` (допускается чтение и запись).

За дополнительной информацией обратитесь к SET TRANSACTION.

`default_transaction_deferrable` (`boolean`)

Транзакция, работающая на уровне изоляции `serializable`, в режиме «только чтение» может быть задержана, прежде чем будет разрешено её выполнение. Однако когда она начинает выполняться, для обеспечения сериализуемости не требуется никаких дополнительных усилий, так что коду сериализации ни при каких условиях не придётся прерывать её из-за параллельных изменений, поэтому это вполне подходит для длительных транзакций в режиме «только чтение».

Этот параметр определяет, будет ли каждая новая транзакция по умолчанию откладываемой. В настоящее время его действие не распространяется на транзакции, для которых устанавливается режим «чтение/запись» или уровень изоляции ниже `serializable`. Значение по умолчанию — `off` (выкл.).

За дополнительной информацией обратитесь к SET TRANSACTION.

`transaction_isolation` (`enum`)

Данный параметр отражает уровень изоляции текущей транзакции. В начале каждой транзакции ему присваивается текущее значение default_transaction_isolation. Последующая попытка изменить значение этого параметра равнозначна команде SET TRANSACTION.

`transaction_read_only` (`boolean`)

Данный параметр отражает характеристику «только чтение» для текущей транзакции. В начале каждой транзакции ему присваивается текущее значение default_transaction_read_only. Последующая попытка изменить значение этого параметра равнозначна команде SET TRANSACTION.

`transaction_deferrable` (`boolean`)

Данный параметр отражает характеристику «откладываемости» для текущей транзакции. В начале каждой транзакции ему присваивается текущее значение default_transaction_deferrable. Последующая попытка изменить значение этого параметра равнозначна команде SET TRANSACTION.

`session_replication_role` (`enum`)

Управляет срабатыванием правил и триггеров, связанных с репликацией, в текущем сеансе. Изменение этой переменной требует наличия прав суперпользователя и приводит к сбросу всех ранее кешированных планов запросов. Она может принимать следующие значения: `origin` (значение по умолчанию), `replica` и `local`.

Предполагается, что системы логической репликации будут устанавливать для него значение `replica`, применяя реплицированные изменения. В результате триггеры и правила (с конфигурацией по умолчанию) не будут срабатывать в репликах. Подробнее об этом говорится в описании предложений `ENABLE TRIGGER` и `ENABLE RULE` команды ALTER TABLE.

Внутри PostgreSQL значения `origin` и `local` воспринимаются как равнозначные. Сторонние системы репликации могут различать их для своих внутренних целей, например, отмечать значением `local` сеанс, изменения в котором не должны реплицироваться.

Так как внешние ключи реализованы посредством триггеров, присваивание этому параметру значения `replica` влечёт отключение всех проверок внешних ключей, что может привести к нарушению согласованности данных при некорректном использовании.

`statement_timeout` (`integer`)

Задаёт максимальную длительность выполнения оператора, при превышении которой оператор прерывается. Если `log_min_error_statement` имеет значение `ERROR` или ниже, оператор, прерванный по тайм-ауту, будет также записан в журнал. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

Длительность выполнения отсчитывается с момента получения команды сервером до завершения её выполнения. Если в одном сообщении простого запроса поступает несколько SQL-операторов, ограничение длительности действует на каждый независимо. (До 13 версии PostgreSQL обычно считалось, что этот тайм-аут должен относиться ко всей строке запроса.) В расширенном протоколе запросов таймер запускается с момента получения любого связанного с запросом сообщения (Parse, Bind, Execute, Describe), а останавливается на стадии обработки сообщений Execute или Sync.

Устанавливать значение `statement_timeout` в `postgresql.conf` не рекомендуется, так как это повлияет на все сеансы.

`lock_timeout` (`integer`)

Задаёт максимальную длительность ожидания любым оператором получения блокировки таблицы, индекса, строки или другого объекта базы данных. Если ожидание не закончилось за указанное время, оператор прерывается. Это ограничение действует на каждую попытку получения блокировки по отдельности и применяется как к явным запросам блокировки (например, `LOCK TABLE` или `SELECT FOR UPDATE` без `NOWAIT`), так и к неявным. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

В отличие от `statement_timeout`, этот тайм-аут может произойти только при ожидании блокировки. Заметьте, что при ненулевом `statement_timeout` бессмысленно задавать в `lock_timeout` такое же или большее значение, так как тайм-аут оператора всегда будет происходить раньше. Если `log_min_error_statement` имеет значение `ERROR` или ниже, оператор, прерванный по тайм-ауту, будет записан в журнал.

Устанавливать значение `lock_timeout` в `postgresql.conf` не рекомендуется, так как это повлияет на все сеансы.

`idle_in_transaction_session_timeout` (`integer`)

Завершать любые сеансы, в которых открытая транзакция простаивает дольше заданного времени. Это позволяет освободить все блокировки сеанса и вновь задействовать слот подключения; также это позволяет очистить кортежи, видимые только для этой транзакции. Подробнее это описано в Разделе 24.1.

Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

`vacuum_freeze_table_age` (`integer`)

Задаёт максимальный возраст для поля `pg_class.relfrozenxid` таблицы, при достижении которого `VACUUM` будет производить агрессивное сканирование. Агрессивное сканирование отличается от обычного сканирования `VACUUM` тем, что затрагивает все страницы, которые могут содержать незамороженные XID или MXID, а не только те, что могут содержать мёртвые кортежи. Значение по умолчанию — 150 миллионов транзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до двух миллиардов, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный 95% от autovacuum_freeze_max_age, чтобы периодически запускаемая вручную команда `VACUUM` имела шансы выполниться, прежде чем для таблицы будет запущена автоочистка для предотвращения зацикливания. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`vacuum_freeze_min_age` (`integer`)

Задаёт возраст для отсечки (в транзакциях), при достижении которого команда `VACUUM` должна замораживать версии строк при сканировании таблицы. Значение по умолчанию — 50 миллионов транзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до одного миллиарда, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный половине autovacuum_freeze_max_age, чтобы принудительная автоочистка выполнялась не слишком часто. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`vacuum_multixact_freeze_table_age` (`integer`)

Задаёт максимальный возраст для поля `pg_class.relminmxid` таблицы, при достижении которого команда `VACUUM` будет выполнять агрессивное сканирование. Агрессивное сканирование отличается от обычного сканирования `VACUUM` тем, что затрагивает все страницы, которые могут содержать незамороженные XID или MXID, а не только те, что могут содержать мёртвые кортежи. Значение по умолчанию — 150 миллионов мультитранзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до двух миллиардов, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный 95% от autovacuum_multixact_freeze_max_age, чтобы периодически запускаемая вручную команда `VACUUM` имела шансы выполниться, прежде чем для таблицы будет запущена автоочистка для предотвращения зацикливания. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

`vacuum_multixact_freeze_min_age` (`integer`)

Задаёт возраст для отсечки (в мультитранзакциях), при достижении которого команда `VACUUM` должна заменять идентификаторы мультитранзакций новыми идентификаторами транзакций или мультитранзакций при сканировании таблицы. Значение по умолчанию — 5 миллионов мультитранзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до одного миллиарда, в VACUUM введён внутренний предел для действующего значения, равный половине autovacuum_multixact_freeze_max_age, чтобы принудительная автоочистка не выполнялась слишком часто. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

bytea_output (enum)

Задаёт выходной формат для значения типа bytea. Это может быть формат hex (по умолчанию) или escape (традиционный формат PostgreSQL). За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.4. Входные значения bytea воспринимаются в обоих форматах, независимо от данного параметра.

xmlbinary (enum)

Задаёт способ кодирования двоичных данных в XML. Это кодирование применяется, например, когда значения bytea преобразуются в XML функциями xmlelement или xmlforest. Допустимые варианты, определённые в стандарте XML-схем: base64 и hex. Значение по умолчанию — base64. Чтобы узнать больше о функциях для работы с XML, обратитесь к Разделу 9.15.

Конечный выбор в основном дело вкуса, ограничения могут накладываться только клиентскими приложениями. Оба метода поддерживают все возможные значения, хотя результат кодирования в base64 немного компактнее шестнадцатеричного вида (hex).

xmloption (enum)

Задаёт подразумеваемый по умолчанию тип преобразования между XML и символьными строками (DOCUMENT или CONTENT). За описанием этого преобразования обратитесь к Разделу 8.13. Значение по умолчанию — CONTENT (кроме него допускается значение DOCUMENT).

Согласно стандарту SQL этот параметр должен задаваться командой

```
SET XML OPTION { DOCUMENT | CONTENT };
```

Этот синтаксис тоже поддерживается в PostgreSQL.

gin_pending_list_limit (integer)

Задаёт максимальный размер очереди записей GIN, которая используется, когда включён режим fastupdate. Если размер очереди превышает заданный предел, записи из неё массово переносятся в основную структуру данных индекса GIN, и очередь очищается. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в килобайтах. Размер по умолчанию — четыре мегабайта (4MB). Этот предел можно переопределить для отдельных индексов GIN, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 66.4.1 и Разделу 66.5.

restrict_nonsystem_relation_kind (string)

Определять виды отношений, которым запрещается доступ к несистемным отношениям. Значение — список видов отношений, разделённый запятыми. В настоящее время поддерживаются отношения видов view и foreign-table.

19.11.2. Языковая среда и форматы

DateStyle (string)

Задаёт формат вывода значений даты и времени, а также правила интерпретации неоднозначных значений даты. По историческим причинам эта переменная содержит два независимых компонента: указание выходного формата (ISO, Postgres, SQL и German) и указание порядка год(Y)/месяц(M)/день(D) для вводимых и выводимых значений (DMY, MDY или YMD). Эти два компонента могут задаваться по отдельности или вместе. Ключевые слова Euro и European являются синонимами DMY, а ключевые слова US, NonEuro и NonEuropean — синонимы MDY. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.5. Встроенное значение по умолчанию — ISO, MDY, но initdb при инициализации записывает в файл конфигурации значение, соответствующее выбранной локали lc_time.

InternalStyle (enum)

Задаёт формат вывода для значений-интервалов. В формате sql_standard интервал выводится в виде, установленном стандартом SQL. В формате postgres (выбранном по умолчанию) интервал выводится в виде, применявшемся в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр DateStyle имел значение ISO. В формате postgres_verbose интервал выводится в виде, применявшемся в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр DateStyle имел значение не ISO. В формате iso_8601 выводимая строка будет соответствовать «формату с кодами», определённому в разделе 4.4.3.2 стандарта ISO 8601.

На интерпретацию неоднозначных вводимых данных также влияет параметр IntervalStyle. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.5.4.

TimeZone (string)

Задаёт часовой пояс для вывода и ввода значений времени. Встроенное значение по умолчанию — GMT, но обычно оно переопределяется в postgresql.conf; initdb устанавливает в нём значение, соответствующее системному окружению. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.5.3.

timezone_abbreviations (string)

Задаёт набор сокращений часовых поясов, которые будут приниматься сервером во вводимых значениях даты и времени. Значение по умолчанию — 'Default', которое представляет набор основных сокращений, принятых в мире; допускаются также значения 'Australia' и 'India', кроме них для конкретной инсталляции можно определить и другие наборы. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу B.4.

extra_float_digits (integer)

Этот параметр корректирует число цифр в текстовом представлении чисел с плавающей точкой, включая значения float4, float8 и геометрических типов.

Если его значение равно 1 (по умолчанию) или больше, числа с плавающей точкой выводятся в кратчайшем точном виде; см. Подраздел 8.1.3. Выводимое фактически количество цифр зависит от выводимого числа, а не от значения данного параметра. Для значений float8 может потребоваться максимум 17 цифр, а для значений float4 — максимум 9. Данное представление является и быстрым, и точным, так как оно позволяет при правильном прочтении в точности восстановить двоичное число с плавающей точкой. Ради исторической совместимости этот параметр принимает значения до 3 включительно.

Если его значение равно нулю или отрицательно, выводимое число округляется до заданной десятичной точности. Точность в данном случае определяется обычным количеством цифр для типа (FLT_DIG или DBL_DIG), уменьшенным на значение этого параметра. (Например, со значением -1 числа типа float4 будут выводиться округлёнными до 5 значащих цифр, а числа типа float8 — до 14). Преобразование в такой вид выполняется медленнее и не сохраняет все биты двоичного числа с плавающей точкой, но он может быть более удобным для человека.

Примечание

Поведение этого параметра, а также его значение по умолчанию, изменилось в PostgreSQL 12; подробнее это описывается в Подразделе 8.1.3.

client_encoding (string)

Задаёт кодировку (набор символов) на стороне клиента. По умолчанию выбирается кодировка базы данных. Наборы символов, которые поддерживает сервер PostgreSQL, перечислены в Подразделе 23.3.1.

`lc_messages` (`string`)

Устанавливает язык выводимых сообщений. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

В некоторых системах такая категория локали отсутствует, так что даже если задать значение этой переменной, действовать оно не будет. Также может оказаться, что переведённые сообщения для запрошенного языка отсутствуют. В этих случаях вы по-прежнему будете получать сообщения на английском языке.

Изменить этот параметр могут только суперпользователи. Он влияет и на сообщения, которые сервер передаёт клиентам, и на те, что записываются в журнал, поэтому неподходящее значение может сделать серверные журналы нечитаемыми.

`lc_monetary` (`string`)

Устанавливает локаль для форматирования денежных сумм, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`lc_numeric` (`string`)

Устанавливает локаль для форматирования чисел, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`lc_time` (`string`)

Устанавливает локаль для форматирования даты и времени, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`default_text_search_config` (`string`)

Выбирает конфигурацию текстового поиска для тех функций текстового поиска, которым не передаётся аргумент, явно указывающий конфигурацию. За дополнительной информацией обратитесь к Главе 12. Встроенное значение по умолчанию — `pg_catalog.simple`, но initdb при инициализации записывает в файл конфигурации сервера значение, соответствующее выбранной локали `lc_ctype`, если удастся найти такую конфигурацию текстового поиска.

19.11.3. Предзагрузка разделяемых библиотек

Для настройки предварительной загрузки разделяемых библиотек в память сервера, в целях подключения дополнительной функциональности или увеличения быстродействия, предназначены несколько параметров. Значения этих параметров задаются однотипно, например, со значением `'$libdir/mylib'` в память будет загружена `mylib.so` (или в некоторых ОС, `mylib.sl`) из стандартного каталога библиотек данной инсталляции сервера. Различаются эти параметры тем, когда они вступают в силу и какие права требуются для их изменения.

Таким же образом можно загрузить библиотеки на процедурных языках PostgreSQL, обычно в виде `'$libdir/plXXX'`, где `XXX` — имя языка: `pgsql`, `perl`, `tcl` или `python`.

Этим способом можно загрузить только разделяемые библиотеки, предназначенные специально для использования с PostgreSQL. PostgreSQL при загрузке библиотеки проверяет наличие «отличительного блока» для гарантии совместимости. Поэтому загрузить библиотеки не для PostgreSQL таким образом нельзя. Для этого вы можете воспользоваться средствами операционной системы, например, переменной окружения LD_PRELOAD.

В общем случае, чтобы узнать, какой способ рекомендуется для загрузки модуля, следует обратиться к документации этого модуля.

local_preload_libraries (string)

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при установлении соединения. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой LOAD. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Заданное значение параметра действует только в начале соединения, так что последующие изменения ни на что не влияют. Если указанная в нём библиотека не найдена, установить подключение не удастся.

Этот параметр разрешено устанавливать всем пользователям. Поэтому библиотеки, которые так можно загрузить, ограничиваются теми, что находятся в подкаталоге plugins стандартного каталога библиотек установленного сервера. (Ответственность за то, чтобы в этом подкаталоге находились только «безопасные» библиотеки, лежит на администраторе.) В local_preload_libraries этот каталог можно задать явно (например, так: $libdir/plugins/mylib), либо просто указать имя библиотеки — mylib (оно будет воспринято как $libdir/plugins/mylib).

Данный механизм предназначен для того, чтобы непривилегированные пользователи могли загружать отладочные или профилирующие библиотеки в избранных сеансах, обходясь без явной команды LOAD. Для такого применения этот параметр обычно устанавливается в переменной окружения PGOPTIONS на клиенте или с помощью команды ALTER ROLE SET.

Обычно этот параметр не следует использовать, если только модуль не предназначен специально для такой загрузки обычными пользователями. Предпочтительная альтернатива ему — session_preload_libraries.

session_preload_libraries (string)

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при установлении соединения. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой LOAD. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Заданное значение параметра действует только в начале соединения, так что последующие изменения ни на что не влияют. Если указанная в нём библиотека не найдена, установить подключение не удастся. Изменить его могут только суперпользователи.

Данный параметр предназначен для загрузки отладочных или профилирующих библиотек в избранных сеансах, без явного выполнения команды LOAD. Например, можно загрузить модуль auto_explain во всех сеансах пользователя с заданным именем, установив этот параметр командой ALTER ROLE SET. Кроме того, этот параметр можно изменить без перезапуска сервера (хотя изменения вступают в силу только при запуске нового сеанса), так что таким образом проще подгружать новые модули, даже если это нужно сделать для всех сеансов.

В отличие от shared_preload_libraries, этот вариант загрузки библиотеки не даёт большого выигрыша в скорости по сравнению с вариантом загрузки при первом использовании. Однако он оказывается выигрышным, когда используется пул соединений.

shared_preload_libraries (string)

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при запуске сервера. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой LOAD. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Если указанная в нём библиотека не будет найдена, сервер не запустится.

Некоторые библиотеки при загрузке должны выполнять операции, которые могут иметь место только при запуске главного процесса, например, выделять разделяемую память, резервировать легковесные блокировки или запускать фоновые рабочие процессы. Такие библиотеки должны загружаться при запуске сервера посредством этого параметра. За подробностями обратитесь к документации библиотек.

Также можно предварительно загрузить и другие библиотеки. Предварительная загрузка позволяет избавиться от задержки, возникающей при первом использовании библиотеки. Однако при этом может несколько увеличиться время запуска каждого нового процесса, даже если он не будет использовать эту библиотеку. Поэтому применять этот параметр рекомендуется только для библиотек, которые будут использоваться большинством сеансов. Кроме того, при изменении этого параметра необходимо перезапускать сервер, так что этот вариант не подходит, например, для краткосрочных задач отладки. В таких случаях используйте вместо него session_preload_libraries.

> **Примечание**
>
> В системе Windows загрузка библиотек при запуске сервера не сокращает время запуска каждого нового серверного процесса; каждый процесс будет заново загружать все библиотеки. Однако параметр `shared_preload_libraries` всё же может быть полезен в Windows для загрузки библиотек, которые должны выполнять некоторые операции при запуске главного процесса.

`jit_provider` (`string`)

В этой переменной указывается библиотека провайдера JIT, которая будет использоваться (см. Подраздел 31.4.2). Значение по умолчанию — `llvmjit`. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Если указывается несуществующая библиотека, JIT не будет работать, но это не считается ошибкой. Такое поведение позволяет устанавливать поддержку JIT отдельно от основного пакета PostgreSQL.

19.11.4. Другие параметры по умолчанию

`dynamic_library_path` (`string`)

Когда требуется открыть динамически загружаемый модуль и его имя, заданное в команде `CREATE FUNCTION` или `LOAD` не содержит имён каталогов (т. е. в этом имени нет косой черты), система будет искать запрошенный файл в данном пути.

Значением параметра `dynamic_library_path` должен быть список абсолютных путей, разделённых двоеточием (или точкой с запятой в Windows). Если элемент в этом списке начинается со специальной строки `$libdir`, вместо неё подставляется заданный при компиляции путь каталога библиотек PostgreSQL; в этот каталог устанавливаются модули, поставляемые в составе стандартного дистрибутива PostgreSQL. (Чтобы узнать имя этого каталога, можно выполнить `pg_config --pkglibdir`.) Например:

```
dynamic_library_path = '/usr/local/lib/postgresql:/home/my_project/lib:$libdir'
```

Или в среде Windows:

```
dynamic_library_path = 'C:\tools\postgresql;H:\my_project\lib;$libdir'
```

Значение по умолчанию этого параметра — `'$libdir'`. Если его значение — пустая строка, автоматический поиск по заданному пути отключается.

Суперпользователи могут изменить этот параметр в процессе работы сервера, но такое изменение будет действовать только до завершения клиентского соединения, так что этот вариант следует оставить для целей разработки. Для других целей этот параметр рекомендуется устанавливать в файле конфигурации `postgresql.conf`.

`gin_fuzzy_search_limit` (`integer`)

Задаёт мягкий верхний лимит для размера набора, возвращаемого при сканировании индексов GIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 66.5.

19.12. Управление блокировками

`deadlock_timeout` (`integer`)

Время ожидания блокировки, по истечении которого будет выполняться проверка состояния взаимоблокировки. Эта проверка довольно дорогостоящая, поэтому сервер не выполняет её при всяком ожидании блокировки. Мы оптимистично полагаем, что взаимоблокировки редки в производственных приложениях, и поэтому просто ждём некоторое время, прежде чем пытаться выявить взаимоблокировку. При увеличении значения этого параметра сокращается время, уходящее на ненужные проверки взаимоблокировки, но замедляется реакция на реальные взаимоблокировки. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в миллисекундах. Значение по умолчанию — одна секунда (`1s`), что близко к минимальному значению, которое стоит применять на практике. На сервере с большой нагрузкой имеет смысл увеличить его. В идеале это значение должно превышать типичное время транзакции, чтобы повысить шансы на то, что блокировка всё-таки будет освобождена, прежде чем ожидающая транзакция решит проверить состояние взаимоблокировки. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Когда включён параметр log_lock_waits, данный параметр также определяет, спустя какое время в журнал сервера будут записываться сообщения об ожидании блокировки. Если вы пытаетесь исследовать задержки, вызванные блокировками, имеет смысл уменьшить его по сравнению с обычным значением `deadlock_timeout`.

`max_locks_per_transaction` (`integer`)

Общая таблица блокировок отслеживает блокировки для `max_locks_per_transaction` * (max_connections + max_prepared_transactions) объектов (например, таблиц); таким образом, в любой момент времени может быть заблокировано не больше этого числа различных объектов. Этот параметр управляет средним числом блокировок объектов, выделяемым для каждой транзакции; отдельные транзакции могут заблокировать и больше объектов, если все они умещаются в таблице блокировок. Заметьте, что это *не* число строк, которое может быть заблокировано; их количество не ограничено. Значение по умолчанию, 64, как показала практика, вполне приемлемо, но может возникнуть потребность его увеличить, если запросы обращаются ко множеству различных таблиц в одной транзакции, как например, запрос к родительской таблице со многими потомками. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

`max_pred_locks_per_transaction` (`integer`)

Общая таблица предикатных блокировок отслеживает блокировки для `max_pred_locks_per_transaction` * (max_connections + max_prepared_transactions) объектов (например, таблиц); таким образом, в один момент времени может быть заблокировано не больше этого числа различных объектов. Этот параметр управляет средним числом блокировок объектов, выделяемым для каждой транзакции; отдельные транзакции могут заблокировать и больше объектов, если все они умещаются в таблице блокировок. Заметьте, что это *не* число строк, которое может быть заблокировано; их количество не ограничено. Значение по умолчанию, 64, как показала практика, вполне приемлемо, но может возникнуть потребность его увеличить, если запросы обращаются ко множеству различных таблиц в одной сериализуемой транзакции, как например, запрос к родительской таблице со многими потомками. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

max_pred_locks_per_relation (integer)

Этот параметр определяет, для скольких страниц или кортежей одного отношения могут устанавливаться предикатные блокировки, прежде чем вместо них будет затребована одна блокировка для всего отношения. Значения, большие или равные нулю, задают абсолютный предел, а с отрицательным значением пределом будет значение max_pred_locks_per_transaction, делённое на модуль данного. По умолчанию действует значение -2, что даёт то же поведение, что наблюдалось в предыдущих версиях PostgreSQL. Этот параметр можно задать только в файле postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

max_pred_locks_per_page (integer)

Этот параметр определяет, для скольких строк на одной странице могут устанавливаться предикатные блокировки, прежде чем вместо них будет затребована одна блокировка для всей страницы. Значение по умолчанию — 2. Этот параметр можно задать только в файле postgresql.conf или в командной строке при запуске сервера.

19.13. Совместимость с разными версиями и платформами

19.13.1. Предыдущие версии PostgreSQL

array_nulls (boolean)

Этот параметр определяет, будет ли при разборе вводимого массива распознаваться строка NULL без кавычек как элемент массива, равный NULL. Значение по умолчанию, on, позволяет задавать NULL в качестве элементов вводимого массива. Однако до версии 8.2 PostgreSQL не поддерживал ввод элементов NULL в массивах, а воспринимал NULL как обычный элемент массива со строковым значением «NULL». Для обратной совместимости с приложениями, зависящими от старого поведения, эту переменную можно отключить (присвоив ей off).

Заметьте, что массивы, содержащие NULL, можно создать, даже когда эта переменная имеет значение off.

backslash_quote (enum)

Этот параметр определяет, можно ли будет представить знак апострофа в строковой константе в виде \'. В стандарте SQL определён другой, предпочитаемый вариант передачи апострофа, дублированием (''), но PostgreSQL исторически также принимал вариант \'. Однако применение варианта \' сопряжено с угрозами безопасности, так как в некоторых клиентских кодировках существуют многобайтные символы, последний байт которых численно равен ASCII-коду \. Если код на стороне клиента выполнит экранирование некорректно, это может открыть возможности для SQL-инъекции. Предотвратить этот риск можно, запретив серверу принимать запросы, в которых апостроф экранируется обратной косой. Допустимые значения параметра backslash_quote: on (принимать \' всегда), off (не принимать никогда) и safe_encoding (принимать, только если клиентская кодировка не допускает присутствия ASCII-кода \ в многобайтных символах). Значение по умолчанию — safe_encoding.

Заметьте, что в строковой константе, записанной согласно стандарту, знаки \ обозначают просто \. Этот параметр влияет только на восприятие строк, не соответствующих стандарту, в том числе с синтаксисом спецпоследовательностей (E'...').

escape_string_warning (boolean)

Когда этот параметр включён, сервер выдаёт предупреждение, если обратная косая черта (\) встречается в обычной строковой константе (с синтаксисом '...') и параметр standard_conforming_strings отключён. Значение по умолчанию — on (вкл.).

Приложения, которые предпочитают использовать обратную косую в виде спецсимвола, должны перейти к применению синтаксиса спецстрок (E'...'), так как по умолчанию теперь в обычных строках обратная косая воспринимается как обычный символ, в соответствии со стандартом SQL. Включение данного параметра помогает найти код, нуждающийся в модификации.

`lo_compat_privileges` (boolean)

В PostgreSQL до версии 9.0 для больших объектов не назначались права доступа, и поэтому они были всегда доступны на чтение и запись для всех пользователей. Если установить для этого параметра значение `on`, существующие теперь проверки прав отключаются для совместимости с предыдущими версиями. Значение по умолчанию — `off`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Установка данного параметра не приводит к отключению всех проверок безопасности, связанных с большими объектами — затрагиваются только те проверки, которые изменились в PostgreSQL 9.0.

`operator_precedence_warning` (boolean)

Когда этот параметр включён, анализатор запроса будет выдавать предупреждение для всех конструкций, которые поменяли поведение после PostgreSQL 9.4 в результате изменения приоритетов операторов. Это полезно для аудита, так как позволяет понять, не сломалось ли что-то вследствие этого изменения. Но в производственной среде включать его не следует, так как предупреждения могут выдаваться и тогда, когда код абсолютно правильный и соответствует стандарту SQL. Значение по умолчанию — `off`.

За подробностями обратитесь к Подразделу 4.1.6.

`quote_all_identifiers` (boolean)

Принудительно заключать в кавычки все идентификаторы, даже если это не ключевые слова (сегодня), при получении SQL из базы данных. Это касается вывода `EXPLAIN`, а также результатов функций типа `pg_get_viewdef`. См. также описание аргумента `--quote-all-identifiers` команд pg_dump и pg_dumpall.

`standard_conforming_strings` (boolean)

Этот параметр определяет, будет ли обратная косая черта в обычных строковых константах (`'...'`) восприниматься буквально, как того требует стандарт SQL. Начиная с версии PostgreSQL 9.1, он имеет значение `on` (в предыдущих версиях значение по умолчанию было `off`). Приложения могут выяснить, как обрабатываются строковые константы, проверив этот параметр. Наличие этого параметра может также быть признаком того, что поддерживается синтаксис спецпоследовательностей (`E'...'`). Этот синтаксис (Подраздел 4.1.2.2) следует использовать, если приложению нужно, чтобы обратная косая воспринималась как спецсимвол.

`synchronize_seqscans` (boolean)

Этот параметр включает синхронизацию обращений при последовательном сканировании больших таблиц, чтобы эти операции читали один блок примерно в одно и то же время, и, таким образом, нагрузка разделялась между ними. Когда он включён, сканирование может начаться в середине таблицы, чтобы синхронизироваться со сканированием, которое уже выполняется. По достижении конца таблицы сканирование «заворачивается» к началу и завершает обработку пропущенных строк. Это может привести к непредсказуемому изменению порядка строк, возвращаемых запросами, в которых отсутствует предложение `ORDER BY`. Когда этот параметр выключен (имеет значение `off`), реализуется поведение, принятое до версии 8.3, когда последовательное сканирование всегда начиналось с начала таблицы. Значение по умолчанию — `on`.

19.13.2. Совместимость с разными платформами и клиентами

`transform_null_equals` (boolean)

Когда этот параметр включён, проверки вида `*выражение* = NULL` (или `NULL = *выражение*`) воспринимаются как `*выражение* IS NULL`, то есть они истинны, если *выражение* даёт значение NULL, и ложны в противном случае. Согласно спецификации SQL, сравнение `*выражение* = NULL` должно всегда возвращать NULL (неизвестное значение). Поэтому по умолчанию этот параметр выключен (равен `off`).

Однако формы фильтров в Microsoft Access генерируют запросы, в которых проверка на значение NULL записывается как *`выражение`* `= NULL`, так что если вы используете этот интерфейс для обращения к базе данных, имеет смысл включить данный параметр. Так как проверки вида *`выражение`* `= NULL` всегда возвращают значение NULL (следуя правилам стандарта SQL), они не очень полезны и не должны встречаться в обычных приложениях, так что на практике от включения этого параметра не будет большого вреда. Однако начинающие пользователи часто путаются в семантике выражений со значениями NULL, поэтому по умолчанию этот параметр выключен.

Заметьте, что этот параметр влияет только на точную форму сравнения `= NULL`, но не на другие операторы сравнения или выражения, результат которых может быть равнозначен сравнению с применением оператора равенства (например, конструкцию `IN`). Поэтому данный параметр не может быть универсальной защитой от плохих приёмов программирования.

За сопутствующей информацией обратитесь к Разделу 9.2.

19.14. Обработка ошибок

`exit_on_error` (`boolean`)

Если этот параметр включён, любая ошибка приведёт к прерыванию текущего сеанса. По умолчанию он отключён, так что сеанс будет прерываться только при критических ошибках.

`restart_after_crash` (`boolean`)

Когда этот параметр включён (это состояние по умолчанию), PostgreSQL будет автоматически перезагружаться после сбоя серверного процесса. Такой вариант позволяет обеспечить максимальную степень доступности базы данных. Однако в некоторых обстоятельствах, например, когда PostgreSQL управляется кластерным ПО, такую перезагрузку лучше отключить, чтобы кластерное ПО могло вмешаться и выполнить, возможно, более подходящие действия.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`data_sync_retry` (`boolean`)

При выключенном значении этого параметра (по умолчанию) PostgreSQL будет выдавать ошибку уровня PANIC в случае неудачи при попытке сохранить изменённые данные в файловой системе. В результате сервер баз данных остановится аварийно. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

В некоторых операционных системах состояние данных в кеше внутри ядра оказывается неопределённым при ошибке записи. В каких-то случаях эти данные могут быть просто утеряны, и повторять попытку записи небезопасно: вторая попытка может оказаться успешной, тогда как на деле данные не сохранены. В этих обстоятельствах единственный способ избежать потери данных — восстановить их из WAL после такого сбоя, но перед этим желательно выяснить причину проблемы и, возможно, заменить нерабочее оборудование.

Если включить этот параметр, PostgreSQL в случае сбоя при записи выдаст ошибку, но продолжит работу в расчёте повторить операцию сохранения данных при последующей контрольной точке. Включать его следует, только если достоверно известно, как поступает система с данными в буфере при ошибке записи.

19.15. Предопределённые параметры

Следующие «параметры» доступны только для чтения, их значения задаются при компиляции или при установке PostgreSQL. По этой причине они исключены из примера файла `postgresql.conf`. Эти параметры сообщают различные аспекты поведения PostgreSQL, которые могут быть интересны для определённых приложений, например, средств администрирования.

block_size (integer)

Сообщает размер блока на диске. Он определяется значением BLCKSZ при сборке сервера. Значение по умолчанию — 8192 байта. Значение block_size влияет на некоторые другие переменные конфигурации (например, shared_buffers). Об этом говорится в Разделе 19.4.

data_checksums (boolean)

Сообщает, включён ли в этом кластере контроль целостности данных. За дополнительными сведениями обратитесь к Контрольные суммы данных.

data_directory_mode (integer)

В Unix-системах этот параметр показывает разрешения для каталога данных (data_directory), определённые при запуске. (В Microsoft Windows этот параметр всегда показывает 0700). За дополнительными сведениями обратитесь к Доступ группы.

debug_assertions (boolean)

Сообщает, был ли PostgreSQL собран с проверочными утверждениями. Это имеет место, когда при сборке PostgreSQL определяется макрос USE_ASSERT_CHECKING (например, при выполнении configure с флагом --enable-cassert). По умолчанию PostgreSQL собирается без проверочных утверждений.

integer_datetimes (boolean)

Сообщает, был ли PostgreSQL собран с поддержкой даты и времени в 64-битных целых. Начиная с PostgreSQL версии 10, он всегда равен on.

lc_collate (string)

Сообщает локаль, по правилам которой выполняется сортировка текстовых данных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Это значение определяется при создании базы данных.

lc_ctype (string)

Сообщает локаль, определяющую классификацию символов. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Это значение определяется при создании базы данных. Обычно оно не отличается от lc_collate, но для некоторых приложений оно может быть определено по-другому.

max_function_args (integer)

Сообщает верхний предел для числа аргументов функции. Он определяется константой FUNC_MAX_ARGS при сборке сервера. По умолчанию установлен предел в 100 аргументов.

max_identifier_length (integer)

Сообщает максимальную длину идентификатора. Она определяется числом на 1 меньше, чем NAMEDATALEN, при сборке сервера. По умолчанию константа NAMEDATALEN равна 64; следовательно max_identifier_length по умолчанию равна 63 байтам, но число символов в многобайтной кодировке будет меньше.

max_index_keys (integer)

Сообщает верхний предел для числа ключей индекса. Он определяется константой INDEX_MAX_KEYS при сборке сервера. По умолчанию установлен предел в 32 ключа.

segment_size (integer)

Сообщает, сколько блоков (страниц) можно сохранить в одном файловом сегменте. Это число определяется константой RELSEG_SIZE при сборке сервера. Максимальный размер сегмента в файлах равен произведению segment_size и block_size; по умолчанию это 1 гигабайт.

`server_encoding` (`string`)

Сообщает кодировку базы данных (набор символов). Она определяется при создании базы данных. Обычно клиентов должно интересовать только значение client_encoding.

`server_version` (`string`)

Сообщает номер версии сервера. Она определяется константой `PG_VERSION` при сборке сервера.

`server_version_num` (`integer`)

Сообщает номер версии сервера в виде целого числа. Она определяется константой `PG_VERSION_NUM` при сборке сервера.

`ssl_library` (`string`)

Сообщает имя библиотеки SSL, с которой был собран данный сервер PostgreSQL (даже если SSL для данного экземпляра не настроен или не используется), например, `OpenSSL`, либо пустую строку, если сборка производилась без такой библиотеки.

`wal_block_size` (`integer`)

Сообщает размер блока WAL на диске. Он определяется константой `XLOG_BLCKSZ` при сборке сервера. Значение по умолчанию — 8192 байта.

`wal_segment_size` (`integer`)

Сообщает размер сегментов журнала предзаписи. Значение по умолчанию — 16 МБ. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 29.4.

19.16. Внесистемные параметры

Поддержка внесистемных параметров была реализована, чтобы дополнительные модули (например, процедурные языки) могли добавлять собственные параметры, неизвестные серверу PostgreSQL. Это позволяет единообразно настраивать модули расширения.

Имена параметров расширений записываются следующим образом: имя расширения, точка и затем собственно имя параметра, подобно полным именам объектов в SQL. Например: `plpgsql.variable_conflict`.

Так как внесистемные параметры могут быть установлены в процессах, не загружающих соответствующий модуль расширения, PostgreSQL принимает значения для любых имён с двумя компонентами. Такие параметры воспринимаются как заготовки и не действуют до тех пор, пока не будет загружен определяющий их модуль. Когда модуль расширения загружается, он добавляет свои определения параметров и присваивает все заготовленные значения этим параметрам, либо выдаёт предупреждение, если начинающееся с имени данного расширения имя заготовленного параметра оказывается нераспознанным.

19.17. Параметры для разработчиков

Следующие параметры предназначены для работы над исходным кодом PostgreSQL, а в некоторых случаях они могут помочь восстановить сильно повреждённые базы данных. Для использования их в производственной среде не должно быть причин, поэтому они исключены из примера файла `postgresql.conf`. Заметьте, что для работы со многими из этих параметров требуются специальные флаги компиляции.

`allow_in_place_tablespaces` (`boolean`)

Позволяет создавать табличные пространства как каталоги в `pg_tblspc`, когда в команде `CREATE TABLESPACE` не указано расположение каталога. Это предназначено для тестирования сценариев репликации, когда ведущий и ведомый серверы работают на одном компьютере. Средства резервного копирования ожидают получить символические ссылки в этом месте, поэтому их работа может нарушиться. Изменять этот параметр могут только суперпользователи.

`allow_system_table_mods` (`boolean`)

Разрешает модификации структуры системных таблиц, а также некоторые другие потенциально опасные операции с системными таблицами. Если данный параметр отключён, эти действия не разрешены даже суперпользователям. Непродуманное использование этого параметра чревато неисправимыми повреждениями данных и разрушением всей СУБД. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`backtrace_functions` (`string`)

В этом параметре задаётся разделённый запятыми список имён функций C. В случае возникновения ошибки в функции, имя которой присутствует в этом списке, в журнал сервера помимо сообщения об ошибке будет выводиться трассировка стека. Это может быть полезно для отладки в определённых местах исходного кода.

Поддержка трассировки стека имеется не на всех платформах, а информационная ценность трассировки зависит от параметров компиляции.

Этот параметр могут изменять только суперпользователи.

`ignore_system_indexes` (`boolean`)

Отключает использование индексов при чтении системных таблиц (при этом индексы всё же будут изменяться при записи в эти таблицы). Это полезно для восстановления работоспособности при повреждённых системных индексах. Этот параметр нельзя изменить после запуска сеанса.

`post_auth_delay` (`integer`)

Этот параметр задаёт задержку при запуске нового серверного процесса после выполнения процедуры аутентификации. Он предназначен для того, чтобы разработчики имели возможность подключить отладчик к серверному процессу. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. При нулевом значении (по умолчанию) задержка отсутствует. Этот параметр нельзя изменить после начала сеанса.

`pre_auth_delay` (`integer`)

Этот параметр задаёт задержку, добавляемую сразу после порождения нового серверного процесса, до выполнения процедуры аутентификации. Он предназначен для того, чтобы разработчики имели возможность подключить отладчик к серверному процессу при решении проблем с аутентификацией. Если это значение задаётся без единиц измерения, оно считается заданным в секундах. При нулевом значении (по умолчанию) задержка отсутствует. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`trace_notify` (`boolean`)

Включает вывод очень подробной отладочной информации при выполнении команд `LISTEN` и `NOTIFY`. Чтобы эти сообщения передавались клиенту или в журнал сервера, параметр client_min_messages или log_min_messages, соответственно, должен иметь значение `DEBUG1` или ниже.

`trace_recovery_messages` (`enum`)

Включает вывод в журнал отладочных сообщений, связанных с восстановлением, которые иначе не выводятся. Этот параметр позволяет пользователю переопределить обычное значение log_min_messages, но только для специфических сообщений. Он предназначен для отладки режима горячего резерва. Допустимые значения: `DEBUG5`, `DEBUG4`, `DEBUG3`, `DEBUG2`, `DEBUG1` и `LOG`. Значение по умолчанию, `LOG`, никак не влияет на запись этих сообщений в журнал. С другими значениями отладочные сообщения, связанные с восстановлением, имеющие заданный приоритет или выше, выводятся, как если бы они имели приоритет `LOG`; при стандартных значениях `log_min_messages` это означает, что они будут фиксироваться в журнале сервера. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

trace_sort (boolean)

Включает вывод информации об использовании ресурсов во время операций сортировки. Этот параметр доступен, только если при сборке PostgreSQL был определён макрос TRACE_SORT. (По умолчанию макрос TRACE_SORT определён.)

trace_locks (boolean)

Включает вывод подробных сведений о блокировках. В эти сведения входит вид операции блокировки, тип блокировки и уникальный идентификатор объекта, который блокируется или разблокируется. Кроме того, в их составе выводятся битовые маски для типов блокировок, уже полученных для данного объекта, и для типов блокировок, ожидающих его освобождения. В дополнение к этому выводится количество полученных и ожидающих блокировок для каждого типа блокировок, а также их общее количество. Ниже показан пример вывода в журнал:

```
LOG:  LockAcquire: new: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  GrantLock: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(2) req(1,0,0,0,0,0,0)=1 grant(1,0,0,0,0,0,0)=1
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  UnGrantLock: updated: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  CleanUpLock: deleting: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(INVALID)
```

Подробнее о структуре выводимой информации можно узнать в src/include/storage/lock.h.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос LOCK_DEBUG.

trace_lwlocks (boolean)

Включает вывод информации об использовании легковесных блокировок. Такие блокировки предназначены в основном для взаимоисключающего доступа к общим структурам данных в памяти.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос LOCK_DEBUG.

trace_userlocks (boolean)

Включает вывод информации об использовании пользовательских блокировок. Она выводится в том же формате, что и с trace_locks, но по рекомендательным блокировкам.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос LOCK_DEBUG.

trace_lock_oidmin (integer)

Если этот параметр установлен, при трассировке блокировок не будут отслеживаться таблицы с OID меньше заданного (это используется для исключения из трассировки системных таблиц).

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос LOCK_DEBUG.

trace_lock_table (integer)

Безусловно трассировать блокировки для таблицы с заданным OID.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос LOCK_DEBUG.

`debug_deadlocks` (`boolean`)

Включает вывод информации обо всех текущих блокировках при тайм-ауте взаимоблокировки.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`log_btree_build_stats` (`boolean`)

Включает вывод статистики использования системных ресурсов (памяти и процессора) при различных операциях с B-деревом.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `BTREE_BUILD_STATS`.

`wal_consistency_checking` (`string`)

Этот параметр предназначен для проверки ошибок в процедурах воспроизведения WAL. Когда он включён, в записи WAL добавляются полные образы страниц всех изменяемых буферов, Когда запись впоследствии воспроизводится, система сначала применяет эту запись, а затем проверяет, соответствуют ли буферы, изменённые записью, сохранённым образам. В определённых случаях (например, во вспомогательных битах) небольшие изменения допускаются и будут игнорироваться. Если выявляются неожиданные различия, это считается критической ошибкой и восстановление прерывается.

По умолчанию значение этого параметра — пустая строка, так что эта функциональность отключена. Его значением может быть `all` (будут проверяться все записи) или список имён менеджеров ресурсов через запятую (будут проверяться записи, выдаваемые этими менеджерами). В настоящее время поддерживаются менеджеры `heap`, `heap2`, `btree`, `hash`, `gin`, `gist`, `sequence`, `spgist`, `brin` и `generic`. Изменять этот параметр могут только суперпользователи.

`wal_debug` (`boolean`)

Включает вывод отладочной информации, связанной с WAL. Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `WAL_DEBUG`.

`ignore_checksum_failure` (`boolean`)

Этот параметр действует, только если включён Контрольные суммы данных.

При обнаружении ошибок контрольных сумм при чтении PostgreSQL обычно сообщает об ошибке и прерывает текущую транзакцию. Если параметр `ignore_checksum_failure` включён, система игнорирует проблему (но всё же предупреждает о ней) и продолжает обработку. Это поведение может *привести к краху, распространению или сокрытию повреждения данных и другим серьёзными проблемам*. Однако включив его, вы можете обойти ошибку и получить неповреждённые данные, которые могут находиться в таблице, если цел заголовок блока. Если же повреждён заголовок, будет выдана ошибка, даже когда этот параметр включён. По умолчанию этот параметр отключён (имеет значение `off`) и изменить его состояние может только суперпользователь.

`zero_damaged_pages` (`boolean`)

При выявлении повреждённого заголовка страницы PostgreSQL обычно сообщает об ошибке и прерывает текущую транзакцию. Если параметр `zero_damaged_pages` включён, вместо этого система выдаёт предупреждение, обнуляет повреждённую страницу в памяти и продолжает обработку. Это поведение *разрушает данные*, а именно все строки в повреждённой странице. Однако включив его, вы можете обойти ошибку и получить строки из неповреждённых страниц, которые могут находиться в таблице. Это бывает полезно для восстановления данных, испорченных в результате аппаратной или программной ошибки. Обычно включать его следует только тогда, когда не осталось никакой другой надежды на восстановление данных в повреждённых страницах таблицы. Обнулённые страницы не сохраняются на диск, поэтому прежде чем выключать этот параметр, рекомендуется пересоздать проблемные таблицы или индексы.

По умолчанию этот параметр отключён (имеет значение off) и изменить его состояние может только суперпользователь.

ignore_invalid_pages (boolean)

Когда этот параметр имеет значение off (по умолчанию), обнаружение в WAL записей, ссылающихся на некорректные страницы, в процессе восстановления приводит к остановке PostgreSQL с ошибкой критического уровня и, как следствие, к прерыванию восстановления. Когда параметр ignore_invalid_pages включён (on), система игнорирует подобные недействительные ссылки в записях WAL (но всё же выдаёт предупреждения) и продолжает восстановление. Это поведение может *привести к краху, потере данных, распространению или сокрытию повреждения данных и другим серьёзными проблемам*. Однако включив этот параметр, вы можете обойти критическую ошибку и закончить восстановление, чтобы сервер всё же запустился. Задать этот параметр можно только при запуске сервера. Действует он только при восстановлении или в режиме ведомого.

jit_debugging_support (boolean)

При наличии требуемой функциональности LLVM регистрировать генерируемые функции в GDB. Это позволяет упростить отладку. Значение по умолчанию — off (выкл.). Изменить этот параметр можно только при запуске сервера.

jit_dump_bitcode (boolean)

Записывать сгенерированный LLVM IR-код в файловую систему, в каталог data_directory. Это полезно только для работы с внутренним механизмом JIT. Значение по умолчанию — off (выкл.). Изменить этот параметр может только суперпользователь.

jit_expressions (boolean)

Определяет, будут ли JIT-компилироваться выражения, когда JIT-компиляция включена (см. Раздел 31.2). Значение по умолчанию — on (вкл.).

jit_profiling_support (boolean)

При наличии требуемой функциональности LLVM выдавать данные, необходимые для профилирования с помощью perf функций, которые генерирует JIT. Выходные файлы записываются в каталог $HOME/.debug/jit/; удалять их при желании должен сам пользователь. Значение по умолчанию — off (выкл.). Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

jit_tuple_deforming (boolean)

Определяет, будет ли JIT-компилироваться преобразование кортежей, когда JIT-компиляция включена (см. Раздел 31.2). Значение по умолчанию — on (вкл.).

19.18. Краткие аргументы

Для удобства с некоторыми параметрами сопоставлены однобуквенные аргументы командной строки. Все они описаны в Таблице 19.3. Некоторые из этих сопоставлений существуют по историческим причинам, так что наличие однобуквенного синонима не обязательно является признаком того, что этот аргумент часто используется.

Таблица 19.3. Ключ краткого аргумента

Краткий аргумент	Эквивалент
-B *x*	shared_buffers = *x*
-d *x*	log_min_messages = DEBUG *x*
-e	datestyle = euro
-fb, -fh, -fi, -fm, -fn, -fo, -fs, -ft	enable_bitmapscan = off , enable_hashjoin = off , enable_indexscan = off , enable_mergejoin = off , enable_nestloop

Краткий аргумент	**Эквивалент**
	= off, enable_indexonlyscan = off , enable_seqscan = off , enable_tidscan = off
-F	fsync = off
-h *x*	listen_addresses = *x*
-i	listen_addresses = '*'
-k *x*	unix_socket_directories = *x*
-l	ssl = on
-N *x*	max_connections = *x*
-O	allow_system_table_mods = on
-p *x*	port = *x*
-P	ignore_system_indexes = on
-s	log_statement_stats = on
-S *x*	work_mem = *x*
-tpa, -tpl, -te	log_parser_stats = on , log_planner_stats = on , log_executor_stats = on
-W *x*	post_auth_delay = *x*

Глава 20. Аутентификация клиентского приложения

При подключении к серверу базы данных, клиентское приложение указывает имя пользователя PostgreSQL, так же как и при обычном входе пользователя на компьютер с ОС Unix. При работе в среде SQL по имени пользователя определяется, какие у него есть права доступа к объектам базы данных (подробнее это описывается в Главе 21). Следовательно, важно указать на этом этапе, к каким базам пользователь имеет право подключиться.

> **Примечание**
>
> Как можно узнать из Главы 21, PostgreSQL управляет правами и привилегиями, используя так называемые «роли». В этой главе под *пользователем* мы подразумеваем «роль с привилегией `LOGIN`».

Аутентификация это процесс идентификации клиента сервером базы данных, а также определение того, может ли клиентское приложение (или пользователь запустивший приложение) подключиться с указанным именем пользователя.

PostgreSQL предлагает несколько различных методов аутентификации клиентов. Метод аутентификации конкретного клиентского соединения может основываться на адресе компьютера клиента, имени базы данных, имени пользователя.

Имена пользователей базы данных PostgreSQL не имеют прямой связи с пользователями операционной системы на которой запущен сервер. Если у всех пользователей базы данных заведена учётная запись в операционной системе сервера, то имеет смысл назначить им точно такие же имена для входа в PostgreSQL. Однако сервер, принимающий удалённые подключения, может иметь большое количество пользователей базы данных, у которых нет учётной записи в ОС. В таких случаях не требуется соответствие между именами пользователей базы данных и именами пользователей операционной системы.

20.1. Файл `pg_hba.conf`

Аутентификация клиентов управляется конфигурационным файлом, который традиционно называется `pg_hba.conf` и расположен в каталоге с данными кластера базы данных. (HBA расшифровывается как host-based authentication — аутентификации по имени узла.) Файл `pg_hba.conf`, со стандартным содержимым, создаётся командой `initdb` при инициализации каталога с данными. Однако его можно разместить в любом другом месте; см. конфигурационный параметр hba_file.

Обычный формат файла `pg_hba.conf` представляет собой набор записей, по одной в строке. Пустые строки игнорируются, как и любой текст комментария после знака `#`. Записи не продолжаются на следующей строке. Записи состоят из некоторого количества полей, разделённых между собой пробелом и/или tabs. В полях могут быть использованы пробелы, если они взяты в кавычки. Если в кавычки берётся какое-либо зарезервированное слово в поле базы данных, пользователя или адресации (например, `all` или `replication`), то слово теряет своё особое значение и просто обозначает базу данных, пользователя или сервер с данным именем.

Каждая запись обозначает тип соединения, диапазон IP-адресов клиента (если он соотносится с типом соединения), имя базы данных, имя пользователя и способ аутентификации, который будет использован для соединения в соответствии с этими параметрами. Первая запись с соответствующим типом соединения, адресом клиента, указанной базой данных и именем пользователя применяется для аутентификации. Процедур «fall-through» или «backup» не предусмотрено: если выбрана запись и аутентификация не прошла, последующие записи не рассматриваются. Если же ни одна из записей не подошла, в доступе будет отказано.

Записи могут иметь следующие форматы:

```
local         база  пользователь  метод-аутентификации [параметры-аутентификации]
```

```
host         база  пользователь  адрес     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostssl      база  пользователь  адрес     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostnossl    база  пользователь  адрес     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostgssenc   база  пользователь  адрес     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostnogssenc база  пользователь  адрес     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
host         база  пользователь  IP-адрес  IP-маска     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostssl      база  пользователь  IP-адрес  IP-маска     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostnossl    база  пользователь  IP-адрес  IP-маска     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostgssenc   база  пользователь  IP-адрес  IP-маска     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
hostnogssenc база  пользователь  IP-адрес  IP-маска     метод-аутентификации  [параметры-аутентификации]
```

Значения полей описаны ниже:

`local`

Управляет подключениями через Unix-сокеты. Без подобной записи подключения через Unix-сокеты невозможны.

`host`

Управляет подключениями, устанавливаемыми по TCP/IP. Записи `host` соответствуют подключениям с SSL и без SSL, а также подключениям, защищённым механизмами GSSAPI и не защищённым GSSAPI.

> **Примечание**
>
> Удалённое соединение по TCP/IP невозможно, если сервер запущен без определения соответствующих значений для параметра конфигурации listen_addresses, поскольку по умолчанию система принимает подключения по TCP/IP только для локального адреса замыкания `localhost`.

`hostssl`

Управляет подключениями, устанавливаемыми по TCP/IP с применением шифрования SSL.

Чтобы использовать эту возможность, сервер должен быть собран с поддержкой SSL. Более того, механизм SSL должен быть включён параметром конфигурации ssl (подробнее об этом в Разделе 18.9). В противном случае запись `hostssl` не играет роли (не считая предупреждения о том, что ей не будут соответствовать никакие подключения).

`hostnossl`

Этот тип записей противоположен `hostssl`, ему соответствуют только подключения по TCP/IP без шифрования SSL.

`hostgssenc`

Управляет подключениями, устанавливаемыми по TCP/IP, для которых применяется шифрование GSSAPI.

Чтобы использовать эту возможность, сервер должен быть собран с поддержкой GSSAPI. В противном случае запись `hostgssenc` не играет роли (не считая предупреждения о том, что ей не будут соответствовать никакие подключения).

`hostnogssenc`

Этот тип записей противоположен `hostgssenc`; ему соответствуют только подключения по TCP/IP без шифрования GSSAPI.

база

Определяет, каким именам баз данных соответствует эта запись. Значение `all` определяет, что подходят все базы данных. Значение `sameuser` определяет, что данная запись соответствует только, если имя запрашиваемой базы данных совпадает с именем запрашиваемого пользователя. Значение `samerole` определяет, что запрашиваемый пользователь должен быть членом роли с таким же именем, как и у запрашиваемой базы данных. (`samegroup` — это устаревший, но допустимый вариант значения `samerole`.) Суперпользователи не становятся членами роли автоматически из-за `samerole`, а только если они являются явными членами роли, прямо или косвенно, и не только из-за того, что они суперпользователи. Значение `replication` показывает, что запись соответствует, если запрашивается подключение для физической репликации (имейте в виду, что для таких подключений не выбирается какая-то конкретная база данных). Любое другое значение воспринимается как имя определённой базы PostgreSQL. Несколько имён баз данных можно указать, разделяя их запятыми. Файл, содержащий имена баз данных, можно указать, поставив знак `@` в начале его имени.

пользователь

Указывает, какому имени (или именам) пользователя базы данных соответствует эта запись. Значение `all` указывает, что запись соответствует всем пользователям. Любое другое значение задаёт либо имя конкретного пользователя базы данных, либо имя группы (если это значение начинается с `+`). (Напомним, что в PostgreSQL нет никакой разницы между пользователем и группой; знак `+` означает «совпадение любых ролей, которые прямо или косвенно являются членами роли», тогда как имя без знака `+` является подходящим только для этой конкретной роли.) В связи с этим, суперпользователь рассматривается как член роли, только если он явно является членом этой роли, прямо или косвенно, а не только потому, что он является суперпользователем. Несколько имён пользователей можно указать, разделяя их запятыми. Файл, содержащий имена пользователей, можно указать, поставив знак `@` в начале его имени.

адрес

Указывает адрес (или адреса) клиентской машины, которым соответствует данная запись. Это поле может содержать или имя компьютера, или диапазон IP-адресов, или одно из нижеупомянутых ключевых слов.

Диапазон IP-адресов указывается в виде начального адреса диапазона, дополненного косой чертой (`/`) и длиной маски CIDR. Длина маски задаёт количество старших битов клиентского IP-адреса, которые должны совпадать с битами IP-адреса диапазона. Биты, находящиеся правее, в указанном IP-адресе должны быть нулевыми. Между IP-адресом, знаком `/` и длиной маски CIDR не должно быть пробельных символов.

Типичные примеры диапазонов адресов IPv4, указанных таким образом: `172.20.143.89/32` для одного компьютера, `172.20.143.0/24` для небольшой и `10.6.0.0/16` для крупной сети. Диапазон адресов IPv6 может выглядеть как `::1/128` для одного компьютера (это адрес замыкания IPv6) или как `fe80::7a31:c1ff:0000:0000/96` для небольшой сети. `0.0.0.0/0` представляет все адреса IPv4, а `::0/0` — все адреса IPv6. Чтобы указать один компьютер, используйте длину маски 32 для IPv4 или 128 для IPv6. Опускать замыкающие нули в сетевом адресе нельзя.

Запись, сделанная в формате IPv4, подойдёт только для подключений по IPv4, а запись в формате IPv6 подойдёт только для подключений по IPv6, даже если представленный адрес находится в диапазоне IPv4-в-IPv6. Имейте в виду, что записи в формате IPv6 не будут приниматься, если системная библиотека C не поддерживает адреса IPv6.

Вы также можете прописать значение `all`, чтобы указать любой IP-адрес, `samehost`, чтобы указать любые IP-адреса данного сервера, или `samenet`, чтобы указать любой адрес любой подсети, к которой сервер подключён напрямую.

Если определено имя компьютера (всё, что не является диапазоном IP-адресов или специальным ключевым словом, воспринимается как имя компьютера), то оно сравнивается с результатом обратного преобразования IP-адреса клиента (например, обратного DNS-запроса, если используется DNS). При сравнении имён компьютеров регистр не учитывается. Если имена совпали, выполняется прямое преобразование имени (например, прямой DNS-запрос) для проверки, относится ли клиентский IP-адрес к адресам, соответствующим имени. Если двусторонняя проверка пройдена, запись считается соответствующей компьютеру. (В качестве имени узла в файле `pg_hba.conf` должно указываться то, что возвращается при преобразовании IP-адреса клиента в имя, иначе строка не будет соответствовать узлу. Некоторые базы данных имён позволяют связать с одним IP-адресом несколько имён узлов, но операционная система при попытке разрешить IP-адрес возвращает только одно имя.)

Указание имени, начинающееся с точки (`.`), соответствует суффиксу актуального имени узла. Так, `.example.com` будет соответствовать `foo.example.com` (а не только `example.com`).

Когда в `pg_hba.conf` указываются имена узлов, следует добиться, чтобы разрешение имён выполнялось достаточно быстро. Для этого может быть полезен локальный кеш разрешения имён, например, `nscd`. Вы также можете включить конфигурационный параметр `log_hostname`, чтобы видеть в журналах имя компьютера клиента вместо IP-адреса.

Эти поля не применимы к записям `local`.

> ### Примечание
>
> Пользователи часто задаются вопросом, почему имена серверов обрабатываются таким сложным, на первый взгляд, способом, с разрешением двух имён, включая обратный запрос клиентского IP-адреса. Это усложняет процесс в случае, если обратная DNS-запись клиента не установлена или включает в себя нежелательное имя узла. Такой способ избран, в первую очередь, для повышения эффективности: в этом случае соединение требует максимум два запроса разрешения, один прямой и один обратный. Если есть проблема разрешения с каким-то адресом, то она остаётся проблемой этого клиента. Гипотетически, могла бы быть реализована возможность во время каждой попытки соединения выполнять только прямой запрос для разрешения каждого имени сервера, упомянутого в `pg_hba.conf`. Но если список имён велик, процесс был бы довольно медленным, а в случае наличия проблемы разрешения у одного имени сервера, это стало бы общей проблемой.
>
> Также обратный запрос необходим для того, чтобы реализовать возможность соответствия суффиксов, поскольку для сопоставления с шаблоном требуется знать фактическое имя компьютера клиента.
>
> Обратите внимание, что такое поведение согласуется с другими популярными реализациями контроля доступа на основе имён, такими как Apache HTTP Server и TCP Wrappers.

`IP-адрес`
`IP-маска`

Эти два поля могут быть использованы как альтернатива записи *`IP-адрес/длина-маски`*. Вместо того, чтобы указывать длину маски, в отдельном столбце указывается сама маска. Например, `255.0.0.0` представляет собой маску CIDR для IPv4 длиной 8 бит, а `255.255.255.255` представляет маску CIDR длиной 32 бита.

Эти поля не применимы к записям `local`.

`метод-аутентификации`

Указывает метод аутентификации, когда подключение соответствует этой записи. Варианты выбора приводятся ниже; подробности в Разделе 20.3. Все значения воспринимаются с учётом регистра и должны быть записаны в нижнем регистре, даже аббревиатуры типа `ldap`.

`trust`

Разрешает безусловное подключение. Этот метод позволяет тому, кто может подключиться к серверу с базой данных PostgreSQL, войти под любым желаемым пользователем PostgreSQL без введения пароля и без какой-либо другой аутентификации. За подробностями обратитесь к Разделу 20.4.

`reject`

Отклоняет подключение безусловно. Эта возможность полезна для «фильтрации» некоторых серверов группы, например, строка `reject` может отклонить попытку подключения одного компьютера, при этом следующая строка позволяет подключиться остальным компьютерам в той же сети.

`scram-sha-256`

Проверяет пароль пользователя, производя аутентификацию SCRAM-SHA-256. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

`md5`

Проверяет пароль пользователя, производя аутентификацию SCRAM-SHA-256 или MD5. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

`password`

Требует для аутентификации введения клиентом незашифрованного пароля. Поскольку пароль посылается простым текстом через сеть, такой способ не стоит использовать, если сеть не вызывает доверия. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

`gss`

Для аутентификации пользователя использует GSSAPI. Этот способ доступен только для подключений по TCP/IP. За подробностями обратитесь к Разделу 20.6. Он может применяться в сочетании с шифрованием GSSAPI.

`sspi`

Для аутентификации пользователя использует SSPI. Способ доступен только для Windows. За подробностями обратитесь к Разделу 20.7.

`ident`

Получает имя пользователя операционной системы клиента, связываясь с сервером Ident, и проверяет, соответствует ли оно имени пользователя базы данных. Аутентификация ident может использоваться только для подключений по TCP/IP. Для локальных подключений применяется аутентификация peer. За подробностями обратитесь к Разделу 20.8.

`peer`

Получает имя пользователя операционной системы клиента из операционной системы и проверяет, соответствует ли оно имени пользователя запрашиваемой базы данных. Доступно только для локальных подключений. За подробностями обратитесь к Разделу 20.9.

`ldap`

Проводит аутентификацию, используя сервер LDAP. За подробностями обратитесь к Разделу 20.10.

`radius`

Проводит аутентификацию, используя сервер RADIUS. За подробностями обратитесь к Разделу 20.11.

`cert`

Проводит аутентификацию, используя клиентский сертификат SSL. За подробностями обратитесь к Разделу 20.12.

`pam`

Проводит аутентификацию, используя службу подключаемых модулей аутентификации (PAM), предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Разделу 20.13.

`bsd`

Проводит аутентификацию, используя службу аутентификации BSD, предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Разделу 20.14.

параметры-аутентификации

После поля *метод-аутентификации* может идти поле (поля) вида *имя=значение*, определяющее параметры метода аутентификации. Подробнее о параметрах, доступных для различных методов аутентификации, рассказывается ниже.

Помимо описанных далее параметров, относящихся к различным методам, есть один общий параметр аутентификации `clientcert`, который можно задать в любой записи `hostssl`. Он может принимать значения `verify-ca` и `verify-full`. В обоих случаях клиент должен предоставить годный (доверенный) сертификат SSL, но вариант `verify-full` дополнительно требует, чтобы значение `cn` (Common Name, Общее имя) в сертификате совпадало с именем пользователя или применимым сопоставлением. Это указание работает подобно методу аутентификации `cert` (см. Раздел 20.12), но позволяет связать проверку клиентских сертификатов с любым методом аутентификации, поддерживающим записи `hostssl`.

Файлы, включённые в конструкции, начинающиеся с `@`, читаются, как список имён, разделённых запятыми или пробелами. Комментарии предваряются знаком `#`, как и в файле `pg_hba.conf`, и вложенные `@` конструкции допустимы. Если только имя файла, начинающегося с `@` не является абсолютным путём.

Поскольку записи файла `pg_hba.conf` рассматриваются последовательно для каждого подключения, порядок записей имеет большое значение. Обычно более ранние записи определяют чёткие критерии для соответствия параметров подключения, но для методов аутентификации допускают послабления. Напротив, записи более поздние смягчают требования к соответствию параметров подключения, но усиливают их в отношении методов аутентификации. Например, некто желает использовать `trust` аутентификацию для локального подключения по TCP/IP, но при этом запрашивать пароль для удалённых подключений по TCP/IP. В этом случае запись, устанавливающая аутентификацию `trust` для подключения адреса 127.0.0.1, должна предшествовать записи, определяющей аутентификацию по паролю для более широкого диапазона клиентских IP-адресов.

Файл `pg_hba.conf` прочитывается при запуске системы, а также в тот момент, когда основной сервер получает сигнал SIGHUP. Если вы редактируете файл во время работы системы, необходимо послать сигнал процессу postmaster (используя `pg_ctl reload`, вызвав SQL-функцию `pg_reload_conf()` или выполнив `kill -HUP`), чтобы он прочел обновлённый файл.

Примечание

Предыдущее утверждение не касается Microsoft Windows: там любые изменения в `pg_hba.conf` сразу применяются к последующим подключениям.

Системное представление `pg_hba_file_rules` может быть полезно для предварительной проверки изменений в файле `pg_hba.conf` или для диагностики проблем, когда перезагрузка этого файла не даёт желаемого эффекта. Строки в этом представлении, содержащие в поле `error` не NULL, указывают на проблемы в соответствующих строках файла.

Подсказка

Чтобы подключиться к конкретной базе данных, пользователь не только должен пройти все проверки файла `pg_hba.conf`, но должен иметь привилегию `CONNECT` для подключения к базе данных. Если вы хотите ограничить доступ к базам данных для определённых пользователей, проще предоставить/отозвать привилегию `CONNECT`, нежели устанавливать правила в записях файла `pg_hba.conf`.

Примеры записей файла `pg_hba.conf` показаны в Примере 20.1. Обратитесь к следующему разделу за более подробной информацией по методам аутентификации.

Пример 20.1. Примеры записей `pg_hba.conf`

```
# Позволяет любому пользователю локальной системы подключаться
# к любой базе данных, используя любое имя пользователя баз данных, через
# Unix-сокеты (по умолчанию для локальных подключений).
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
local   all             all                                     trust

# То же, но для локальных замкнутых подключений по TCP/IP.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             127.0.0.1/32            trust

# То же, что и в предыдущей строке, но с указанием
# сетевой маски в отдельном столбце
#
# TYPE  DATABASE        USER            IP-ADDRESS      IP-MASK             METHOD
host    all             all             127.0.0.1       255.255.255.255     trust

# То же для IPv6.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             ::1/128                 trust

# То же самое, но с использованием имени компьютера
# (обычно покрывает и IPv4, и IPv6).
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             localhost               trust

# Позволяет любому пользователю любого компьютера с IP-адресом
# 192.168.93.x подключаться к базе данных "postgres"
# с именем, которое сообщает для данного подключения ident
# (как правило, имя пользователя операционной системы).
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    postgres        all             192.168.93.0/24         ident

# Позволяет любому пользователю компьютера 192.168.12.10 подключаться
# к базе данных "postgres", если он передаёт правильный пароль.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    postgres        all             192.168.12.10/32        scram-sha-256

# Позволяет любым пользователям с компьютеров в домене example.com
```

```
# подключаться к любой базе данных, если передаётся правильный пароль.
#
# Для всех пользователей требуется аутентификация SCRAM, за исключением
# пользователя 'mike', который использует старый клиент, не поддерживающий
# аутентификацию SCRAM.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             mike            .example.com            md5
host    all             all             .example.com            scram-sha-256

# В случае отсутствия предшествующих строчек с "host", следующие две строки
# откажут в подключении с 192.168.54.1 (поскольку данная запись будет
# выбрана первой), но разрешат подключения GSSAPI с любых других
# адресов. С нулевой маской ни один бит из IP-адреса компьютера
# не учитывается, так что этой строке соответствует любой компьютер.
# Незашифрованные средствами GSSAPI подключения (они "опускаются" # до третьей
 строки, так как записи "hostgssenc" соответствуют только # зашифрованные подключения)
 принимаются, но только с адреса 192.168.12.10.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             192.168.54.1/32         reject
hostgssenc all          all             0.0.0.0/0               gss
host    all             all             192.168.12.10/32        gss

# Позволяет пользователям с любого компьютера 192.168.x.x подключаться
# к любой базе данных, если они проходят проверку ident.  Если же ident
# говорит, например, что это пользователь "bryanh" и он запрашивает
# подключение как пользователь PostgreSQL "guest1", подключение
# будет разрешено, если в файле pg_ident.conf есть сопоставление
# "omicron", позволяющее пользователю "bryanh" подключаться как "guest1".
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    all             all             192.168.0.0/16          ident map=omicron

# Если для локальных подключений предусмотрены только эти три строки,
# они позволят локальным пользователям подключаться только к своим
# базам данных (базам данных с именами, совпадающими с
# именами пользователей баз данных), кроме администраторов
# или членов роли "support", которые могут подключиться к любой БД.
# Список имён администраторов содержится в файле $PGDATA/admins.
# Пароли требуются в любом случае.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
local   sameuser        all                                     md5
local   all             @admins                                 md5
local   all             +support                                md5

# Последние две строчки выше могут быть объединены в одну:
local   all             @admins,+support                        md5

# В столбце DATABASE также могут указываться списки и имена файлов:
local   db1,db2,@demodbs  all                                   md5
```

20.2. Файл сопоставления имён пользователей

Когда используется внешняя система аутентификации, например Ident или GSSAPI, имя пользователя операционной системы, устанавливающего подключение, может не совпадать с именем целевого пользователя (роли) базы данных. В этом случае можно применить сопоставление имён пользователей, чтобы сменить имя пользователя операционной системы на имя пользователя БД. Чтобы задействовать сопоставление имён, укажите `map=`*`имя-сопоставления`* в поле параметров в `pg_hba.conf`. Этот параметр поддерживается для всех методов аутентификации, которые принимают внешние имена пользователей. Так как для разных подключений могут требоваться разные сопоставления, сопоставление определяется параметром *`имя-сопоставления`* в `pg_hba.conf` для каждого отдельного подключения.

Сопоставления имён пользователя определяются в файле сопоставления ident, который по умолчанию называется `pg_ident.conf`и хранится в каталоге данных кластера. (Файл сопоставления может быть помещён и в другое место, обратитесь к информации о настройке параметра ident_file.) Файл сопоставления ident содержит строки общей формы:

`имя-сопоставления имя-системного-пользователя имя-пользователя-БД`

Комментарии и пробелы применяются так же, как и в файле `pg_hba.conf`. *`имя-сопоставления`* является произвольным именем, на которое будет ссылаться файл сопоставления файла `pg_hba.conf`. Два других поля указывают имя пользователя операционной системы и соответствующее имя пользователя базы данных. *`имя-сопоставления`* может быть использовано неоднократно, чтобы указывать множественные сопоставления пользовательских имён в рамках одного файла сопоставления.

Нет никаких ограничений по количеству пользователей баз данных, на которые может ссылаться пользователь операционной системы, и наоборот. Тем не менее записи в файле скорее подразумевают, что «пользователь этой операционной системы может подключиться как пользователь этой базы данных», нежели показывают, что эти имена пользователей эквивалентны. Подключение разрешается, если существует запись в файле сопоставления, соединяющая имя, полученное от внешней системы аутентификации, с именем пользователя базы данных, под которым пользователь хочет подключиться.

Если поле *`system-username`* начинается со знака (`/`), оставшаяся его часть рассматривается как регулярное выражение. (Подробнее синтаксис регулярных выражений PostgreSQL описан в Подразделе 9.7.3.1.) Регулярное выражение может включать в себя одну группу, или заключённое в скобки подвыражение. На часть имени системного пользователя, совпавшую с названием группы, можно сослаться в поле *`database-username`*, написав `\1` (с одной обратной косой). Это позволяет сопоставить несколько имён пользователя с одной строкой, что особенно удобно для простых замен. Например, эти строки

```
mymap   /^(.*)@mydomain\.com$      \1
mymap   /^(.*)@otherdomain\.com$   guest
```

удалят часть домена для имён пользователей, которые заканчиваются на `@mydomain.com`, и позволят пользователям, чьё имя пользователя системы заканчивается на `@otherdomain.com`, подключиться как `guest`.

> ### Подсказка
>
> Помните, что по умолчанию, регулярное выражение может совпасть только с частью строки. Разумным выходом будет использование символов `^` и `$`, как показано в примере выше, для принудительного совпадения со всем именем пользователя операционной системы

Файл `pg_ident.conf` прочитывается при запуске системы, а также в тот момент, когда основной сервер получает сигнал SIGHUP. Если вы редактируете файл во время работы системы, необходимо послать сигнал процессу postmaster (используя `pg_ctl reload`, вызвав SQL-функцию `pg_reload_conf()` или выполнив `kill -HUP`), чтобы он прочел обновлённый файл.

Файл `pg_ident.conf`, который может быть использован в сочетании с файлом `pg_hba.conf` (см. Пример 20.1), показан в Примере 20.2. В этом примере любым пользователям компьютеров в сети 192.168 с именами, отличными от `bryanh`, `ann` или `robert`, будет отказано в доступе. Пользователь системы `robert` получит доступ только тогда, когда подключается как пользователь PostgreSQL bob, а не как robert, или какой-либо другой пользователь. Пользователь ann сможет подключиться только как ann. Пользователь bryanh сможет подключиться как bryanh или как guest1.

Пример 20.2. Пример файла pg_ident.conf

```
# MAPNAME       SYSTEM-USERNAME         PG-USERNAME

omicron         bryanh                  bryanh
omicron         ann                     ann
# на этих машинах у пользователя bob имя robert
omicron         robert                  bob
# bryanh также может подключаться как guest1
omicron         bryanh                  guest1
```

20.3. Методы аутентификации

PostgreSQL предлагает к использованию широкий набор методов аутентификации пользователей:

- Аутентификация trust, при которой сервер доверяет пользователям, никак не проверяя их.
- Аутентификация password, требующая ввода пароля пользователем.
- Аутентификация GSSAPI, использующая библиотеку безопасности, совместимую с GSSAPI. Обычно этот метод применяется при использовании специальной службы аутентификации, Kerberos или Microsoft Active Directory.
- Аутентификация SSPI, использующая протокол, подобный GSSAPI, но предназначенный для Windows.
- Аутентификация ident, для которой используется служба, реализующая «Identification Protocol» (RFC 1413) на клиентском компьютере. (Для подключений через локальный сокет Unix этот метод работает как peer.)
- Аутентификация peer, которая полагается на средства операционной системы, позволяющие узнать пользователя процесса на другой стороне локального подключения. Для удалённых подключений она не поддерживается.
- Аутентификация LDAP, работающая с сервером аутентификации LDAP.
- Аутентификация RADIUS, работающая с сервером аутентификации RADIUS.
- Аутентификация по сертификату, требующая использования клиентами SSL-подключения и построенная на проверке передаваемых ими сертификатов SSL.
- Аутентификация PAM, реализуемая с использованием библиотеки PAM.
- Аутентификация BSD, основанная на использовании механизма аутентификации BSD (в настоящее время поддерживается только в системе OpenBSD).

Для локальных подключений обычно рекомендуется использовать метод peer, хотя в некоторых обстоятельствах может быть достаточно и режима trust. Для удалённых подключений самой простой будет аутентификация по паролю. Все остальные варианты требуют использования некоторой внешней инфраструктуры безопасности (обычно это служба аутентификации или центр сертификации, выдающий сертификаты SSL) либо поддерживаются не на всех платформах.

Более подробно все эти методы аутентификации описываются в следующих разделах.

20.4. Аутентификация trust

Когда указан способ аутентификации trust, PostgreSQL предполагает, что любой подключающийся к серверу авторизован для доступа к базе данных вне зависимости от указанного имени пользователя базы данных (даже если это имя суперпользователя). Конечно, ограничения, прописанные в столбцах база и пользователь, продолжают работать. Этот метод должен применяться только в том случае, когда на уровне операционной системы обеспечена адекватная защита от подключений к серверу.

Аутентификация `trust` очень удобна для локальных подключений на однопользовательской рабочей станции. Но сам по себе этот метод обычно *не* подходит для машин с несколькими пользователями. Однако вы можете использовать `trust` даже на многопользовательской машине, если ограничите доступ к файлу Unix-сокета сервера на уровне файловой системы. Для этого установите конфигурационные параметры `unix_socket_permissions` (и, возможно, `unix_socket_group`) как описано в Разделе 19.3. Либо вы можете установить конфигурационный параметр `unix_socket_directories`, чтобы разместить файл сокета в должным образом защищённом каталоге.

Установка разрешений на уровне файловой системы помогает только в случае подключений через Unix-сокеты. На локальные подключения по TCP/IP ограничения файловой системы не влияют. Поэтому, если вы хотите использовать разрешения файловой системы для обеспечения локальной безопасности, уберите строку `host ... 127.0.0.1 ...` из `pg_hba.conf` или смените метод аутентификации.

Метод аутентификации `trust` для подключений по TCP/IP допустим только в случае, если вы доверяете каждому пользователю компьютера, получившему разрешение на подключение к серверу строками файла `pg_hba.conf`, указывающими метод `trust`. Не стоит использовать `trust` для любых подключений по TCP/IP, отличных от localhost (127.0.0.1).

20.5. Аутентификация password

Существует несколько методов аутентификации по паролю. Они работают примерно одинаково, но различаются тем, как пароли пользователей хранятся на сервере и как пароль передаётся от клиента по каналу связи.

`scram-sha-256`

С методом `scram-sha-256` выполняется аутентификация SCRAM-SHA-256, как описано в *RFC 7677*. Она производится по схеме вызов-ответ, которая предотвращает перехват паролей через недоверенные соединения и поддерживает хранение паролей на сервере в виде криптографического хеша, что считается безопасным.

Это наиболее безопасный из существующих на данный момент методов, но он не поддерживается старыми клиентскими библиотеками.

`md5`

Для метода `md5` реализован менее безопасный механизм вызов-ответ. Он предотвращает перехват паролей и предусматривает хранение паролей на сервере в зашифрованном виде, но не защищает в случае похищения хешей паролей с сервера. Кроме того, алгоритм хеширования MD5 в наши дни уже может не защитить от целенаправленных атак.

Метод `md5` несовместим с функциональностью db_user_namespace.

Для облегчения перехода от метода `md5` к более новому методу SCRAM, если в качестве метода аутентификации в `pg_hba.conf` указан `md5`, но пароль пользователя на сервере зашифрован для SCRAM (см. ниже), автоматически будет производиться аутентификация на базе SCRAM.

`password`

С методом `password` пароль передаётся в открытом виде и поэтому является уязвимым для атак с перехватом трафика. Его следует избегать всегда, если это возможно. Однако если подключение защищено SSL, метод `password` может быть безопасен. (Хотя аутентификация по сертификату SSL может быть лучшим выбором когда используется SSL).

Пароли баз данных PostgreSQL отделены от паролей пользователей операционной системы. Пароли всех пользователей базы данных хранятся в системном каталоге `pg_authid`. Управлять паролями можно либо используя SQL-команды CREATE ROLE и ALTER ROLE, например, **`CREATE ROLE foo WITH LOGIN PASSWORD 'secret'`**, либо с помощью команды psql `\password`. Если пароль для пользователя не задан, вместо него хранится NULL, и пройти аутентификацию по паролю этот пользователь не сможет.

Доступность различных методов аутентификации по паролю зависит от того, как пароли пользователей шифруются на сервере (или, говоря точнее, хешируются). Это определяется параметром конфигурации password_encryption в момент назначения пароля. Если пароль шифруется в режиме `scram-sha-256`, его можно будет использовать для методов аутентификации `scram-sha-256` и `password` (но в последнем случае он будет передаваться открытым текстом). В случае указания метода аутентификации `md5` при этом произойдёт автоматический переход к использованию `scram-sha-256`, как сказано выше, так что этот вариант тоже будет работать. Если пароль шифруется в режиме `md5`, его можно будет использовать только для методов аутентификации `md5` и `password` (и в последнем случае он так же будет передаваться открытым текстом). (Ранние версии PostgreSQL поддерживали хранение паролей на сервере в открытом виде, но теперь это невозможно.) Чтобы просмотреть хранящиеся в БД хеши паролей, обратитесь к системному каталогу `pg_authid`.

Для перевода существующей инсталляции с `md5` на `scram-sha-256`, после того как все клиентские библиотеки будут обновлены до версий, поддерживающих SCRAM, задайте `password_encryption = 'scram-sha-256'` в `postgresql.conf`, добейтесь, чтобы все пользователи сменили свои пароли, а затем поменяйте указания метода аутентификации в `pg_hba.conf` на `scram-sha-256`.

20.6. Аутентификация GSSAPI

GSSAPI — стандартизированный протокол для безопасной аутентификации, определённый в *RFC 2743*. PostgreSQL поддерживает применение GSSAPI для аутентификации или шифрования соединения, а также для шифрования с аутентификацией. GSSAPI обеспечивает автоматическую проверку подлинности (единый вход) для систем, которые её поддерживают. Проверка подлинности реализуется безопасно, но данные, передаваемые через подключение к БД, будут защищены, только если используется шифрование GSSAPI или SSL.

Поддержка GSSAPI должна быть включена при сборке PostgreSQL; за дополнительными сведениями обратитесь к Главе 16.

При работе с Kerberos GSSAPI использует стандартные имена принципалов служб (аутентификационные идентификаторы) в формате *имя_службы*/*имя_сервера*@*область*. Имя принципала, используемое конкретным установленным экземпляром PostgreSQL, не зашито в сервере ни в каком виде; оно задаётся в файле *keytab*, прочитав который сервер определяет назначенный ему идентификатор. Если в данном файле задано несколько принципалов, сервер выберет любой из них. В качестве области сервера выбирается предпочитаемая область, заданная в доступных серверу файлах конфигурации Kerberos.

Подключающийся к серверу клиент должен знать имя принципала данного сервера. Обычно в компоненте *имя_службы* принципала фигурирует `postgres`, но параметр подключения krbsrvname в libpq позволяет задать и другое значение. В компоненте *имя_сервера* задаётся полностью определённое имя узла, к которому будет подключаться libpq. В качестве области выбирается предпочитаемая область, заданная в доступных клиенту файлах конфигурации Kerberos.

У клиента также должно быть назначенное ему имя принципала (и он должен иметь действительный билет для этого принципала). Чтобы GSSAPI проверил подлинность клиента, имя принципала клиента должно быть связано с именем пользователя базы PostgreSQL. Определить такие сопоставления можно в файле `pg_ident.conf`; например, `pgusername@realm` можно сопоставить с именем `pgusername`. Также возможно использовать в качестве имени роли в PostgreSQL полное имя принципала `username@realm` без какого-либо сопоставления.

PostgreSQL также может сопоставлять принципалы клиентов именам пользователей, просто убирая компонент области из имени принципала. Эта возможность оставлена для обратной совместимости, и использовать её крайне нежелательно, так как при этом оказывается невозможно различить разных пользователей, имеющих одинаковые имена, но приходящих из разных областей. Чтобы включить её, установите для `include_realm` значение 0. В простых конфигурациях с одной областью исключение области в сочетании с параметром `krb_realm` (который позволяет ограничить область пользователя одним значением, заданным в krb_realm parameter) будет безопасным, но менее гибким вариантом по сравнению с явным описанием сопоставлений в pg_ident.conf.

Размещение файла keytab на сервере задаётся параметром конфигурации krb_server_keyfile. По соображениям безопасности рекомендуется использовать отдельный файл для сервера PostgreSQL, а не разрешать серверу читать системный keytab. Предоставьте пользователю, от имени которого работает сервер PostgreSQL, право чтения этого файла (право записи давать не нужно). (См. также Раздел 18.1.)

Файл таблицы ключей генерируется с использованием ПО Kerberos; подробнее это описано в документации Kerberos. Следующий пример показывает, как его сгенерировать, используя программу kadmin в MIT-совместимой реализации Kerberos 5:

```
kadmin% addprinc -randkey postgres/server.my.domain.org
kadmin% ktadd -k krb5.keytab postgres/server.my.domain.org
```

Для метода аутентификации GSSAPI поддерживаются следующие параметры:

include_realm

Когда этот параметр равен 0, из принципала аутентифицированного пользователя убирается область, и оставшееся имя проходит сопоставление имён (см. Раздел 20.2). Этот вариант не рекомендуется и поддерживается в основном для обратной совместимости, так как он небезопасен в окружениях с несколькими областями, если только дополнительно не задаётся krb_realm. Более предпочтительный вариант — оставить значение include_realm по умолчанию (1) и задать в pg_ident.conf явное сопоставление для преобразования имён принципалов в имена пользователей PostgreSQL.

map

Разрешает сопоставление принципалов клиентов пользователям баз данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2. Для принципала GSSAPI/Kerberos, такого как username@EXAMPLE.COM (или более редкого username/hostbased@EXAMPLE.COM), именем пользователя в сопоставлении будет username@EXAMPLE.COM (или username/hostbased@EXAMPLE.COM, соответственно), если include_realm не равно 0; в противном случае именем системного пользователя в сопоставлении будет username (или username/hostbased).

krb_realm

Устанавливает область, с которой будут сверяться имена принципалов пользователей. Если этот параметр задан, подключаться смогут только пользователи из этой области. Если не задан, подключаться смогут пользователи из любой области, в зависимости от установленного сопоставления имён пользователей.

В дополнение к этим параметрам, которые могут быть разными в разных записях pg_hba.conf, существует параметр конфигурации krb_caseins_users, действующий на уровне сервера. Если он равен true, принципалы клиентов сопоставляются с записями пользователей без учёта регистра. В значении krb_realm, если оно задано, регистр символов тоже не учитывается.

20.7. Аутентификация SSPI

SSPI — технология Windows для защищённой аутентификации с единственным входом. PostgreSQL использует SSPI в режиме negotiate, который применяет Kerberos, когда это возможно, и автоматически возвращается к NTLM в других случаях. SSPI и GSSAPI взаимодействуют как клиенты и серверы, например, клиент SSPI может проходить аутентификацию на сервере GSSAPI. Рекомендуется использовать SSPI для клиентов и серверов, работающих в Windows, и GSSAPI на других платформах.

Если используется аутентификация Kerberos, SSPI работает так же, как GSSAPI; подробнее об этом рассказывается в Разделе 20.6.

Для SSPI доступны следующие параметры конфигурации:

include_realm

Когда этот параметр равен 0, из принципала аутентифицированного пользователя убирается область, и оставшееся имя проходит сопоставление имён (см. Раздел 20.2). Этот вариант не рекомендуется и поддерживается в основном для обратной совместимости, так как он небезопасен в окружениях с несколькими областями, если только дополнительно не задаётся krb_realm. Более предпочтительный вариант — оставить значение include_realm по умолчанию (1) и задать в pg_ident.conf явное сопоставление для преобразования имён принципалов в имена пользователей PostgreSQL.

compat_realm

Если равен 1, для параметра include_realm применяется имя домена, совместимое с SAM (также известное как имя NetBIOS). Это вариант по умолчанию. Если он равен 0, для имени принципала Kerberos применяется действительное имя области.

Этот параметр можно отключить, только если ваш сервер работает под именем доменного пользователя (в том числе, виртуального пользователя службы на компьютере, включённом в домен) и все клиенты, проходящие проверку подлинности через SSPI, также используют доменные учётные записи; в противном случае аутентификация не будет выполнена.

upn_username

Если этот параметр включён вместе с compat_realm, для аутентификации применяется имя Kerberos UPN. Если он отключён (по умолчанию), применяется SAM-совместимое имя пользователя. По умолчанию у новых учётных записей эти два имени совпадают.

Заметьте, что libpq использует имя, совместимое с SAM, если имя не задано явно. Если вы применяете libpq или драйвер на его базе, этот параметр следует оставить отключённым, либо явно задавать имя пользователя в строке подключения.

map

Позволяет сопоставить пользователей системы с пользователями баз данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2. Для принципала SSPI/Kerberos, такого как username@EXAMPLE.COM (или более редкого username/hostbased@EXAMPLE.COM), именем пользователя в сопоставлении будет username@EXAMPLE.COM (или username/hostbased@EXAMPLE.COM, соответственно), если include_realm не равно 0; в противном случае именем системного пользователя в сопоставлении будет username (или username/hostbased).

krb_realm

Устанавливает область, с которой будут сверяться имена принципалов пользователей. Если этот параметр задан, подключаться смогут только пользователи из этой области. Если не задан, подключаться смогут пользователи из любой области, в зависимости от установленного сопоставления имён пользователей.

20.8. Аутентификация ident

Метод аутентификации ident работает, получая имя пользователя операционной системы клиента от сервера Ident и используя его в качестве разрешённого имени пользователя базы данных (с возможным сопоставлением имён пользователя). Способ доступен только для подключений по TCP/IP.

> **Примечание**
>
> Когда для локального подключения (не TCP/IP) указан ident, вместо него используется метод аутентификации peer (см. Раздел 20.9).

Для метода ident доступны следующие параметры конфигурации:

`map`

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

Протокол «Identification» (Ident) описан в RFC 1413. Практически каждая Unix-подобная операционная система поставляется с сервером Ident, по умолчанию слушающим TCP-порт 113. Базовая функция этого сервера — отвечать на вопросы, вроде «Какой пользователь инициировал подключение, которое идет через твой порт *X* и подключается к моему порту *Y*?». Поскольку после установления физического подключения PostgreSQL знает и *X*, и *Y*, он может опрашивать сервер Ident на компьютере клиента и теоретически может определять пользователя операционной системы при каждом подключении.

Недостатком этой процедуры является то, что она зависит от интеграции с клиентом: если клиентская машина не вызывает доверия или скомпрометирована, злоумышленник может запустить любую программу на порту 113 и вернуть любое имя пользователя на свой выбор. Поэтому этот метод аутентификации подходит только для закрытых сетей, где каждая клиентская машина находится под жёстким контролем и где администраторы операционных систем и баз данных работают в тесном контакте. Другими словами, вы должны доверять машине, на которой работает сервер Ident. Помните предупреждение:

> Протокол Ident не предназначен для использования в качестве протокола авторизации и контроля доступа.
>
> —RFC 1413

У некоторых серверов Ident есть нестандартная возможность, позволяющая зашифровать возвращаемое имя пользователя, используя ключ, который известен только администратору исходного компьютера. Эту возможность *нельзя* использовать с PostgreSQL, поскольку PostgreSQL не сможет расшифровать возвращаемую строку и получить фактическое имя пользователя.

20.9. Аутентификация peer

Метод аутентификации peer работает, получая имя пользователя операционной системы клиента из ядра и используя его в качестве разрешённого имени пользователя базы данных (с возможностью сопоставления имён пользователя). Этот метод поддерживается только для локальных подключений.

Для метода peer доступны следующие параметры конфигурации:

`map`

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

Аутентификация peer доступна только в операционных системах, поддерживающих функцию `getpeereid()`, параметр сокета `SO_PEERCRED` или подобные механизмы. В настоящее время это Linux, большая часть разновидностей BSD, включая macOS, и Solaris.

20.10. Аутентификация LDAP

Данный метод аутентификации работает сходным с методом `password` образом, за исключением того, что он использует LDAP как метод подтверждения пароля. LDAP используется только для подтверждения пары «имя пользователя/пароль». Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных до того, как для аутентификации будет использован LDAP.

Аутентификация LDAP может работать в двух режимах. Первый режим называется простое связывание. В ходе аутентификации сервер связывается с характерным именем, составленным следующим образом: *`prefix username suffix`*. Обычно, параметр *`prefix`* используется для указания `cn=` или *`DOMAIN`*`\` в среде Active Directory. *`suffix`* используется для указания оставшейся части DN или в среде, отличной от Active Directory.

Во втором режиме, который мы называем поиск+связывание, сервер сначала связывается с каталогом LDAP с предопределённым именем пользователя и паролем, указанным в *ldapbinddn* и *ldapbindpasswd*, и выполняет поиск пользователя, пытающегося подключиться к базе данных. Если имя пользователя и пароль не определены, сервер пытается связаться с каталогом анонимно. Поиск выполняется в поддереве *ldapbasedn*, при этом проверятся точное соответствие имени пользователя атрибуту *ldapsearchattribute*. Как только при поиске находится пользователь, сервер отключается и заново связывается с каталогом уже как этот пользователь, с паролем, переданным клиентом, чтобы удостовериться, что учётная запись корректна. Этот же режим используется в схемах LDAP-аутентификации в другом программном обеспечении, например, в pam_ldap и mod_authnz_ldap в Apache. Данный вариант даёт больше гибкости в выборе расположения объектов пользователей, но при этом требует дважды подключаться к серверу LDAP.

В обоих режимах используются следующие параметры конфигурации:

`ldapserver`

: Имена и IP-адреса LDAP-серверов для связи. Можно указать несколько серверов, разделяя их пробелами.

`ldapport`

: Номер порта для связи с LDAP-сервером. Если порт не указан, используется установленный по умолчанию порт библиотеки LDAP.

`ldapscheme`

: Значение `ldaps` выбирает протокол LDAPS. Это нестандартный способ использования LDAP поверх SSL, поддерживаемый некоторыми серверами LDAP. Альтернативную возможность предоставляет параметр `ldaptls`.

`ldaptls`

: Значение 1 включает TLS-шифрование для защиты соединения PostgreSQL с LDAP-сервером. При этом используется операция `StartTLS`, описанная в RFC 4513. Альтернативную возможность предоставляет параметр `ldapscheme`.

Заметьте, что при использовании `ldapscheme` или `ldaptls` шифруется только трафик между сервером PostgreSQL и сервером LDAP. Соединение между сервером PostgreSQL и клиентом остаётся незашифрованным, если только и для него не включён SSL.

Следующие параметры используются только в режиме простого связывания:

`ldapprefix`

: Эта строка подставляется перед именем пользователя во время формирования DN для связывания при аутентификации в режиме простого связывания.

`ldapsuffix`

: Эта строка размещается после имени пользователя во время формирования DN для связывания, при аутентификации в режиме простого связывания.

Следующие параметры используются только в режиме поиск+связывание:

`ldapbasedn`

: Корневая папка DN для начала поиска пользователя при аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapbinddn`

: DN пользователя для связи с каталогом при выполнении поиска в ходе аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapbindpasswd`

Пароль пользователя для связывания с каталогом при выполнении поиска в ходе аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapsearchattribute`

Атрибут для соотнесения с именем пользователя в ходе аутентификации поиск+связывание. Если атрибут не указан, будет использован атрибут `uid`.

`ldapsearchfilter`

Фильтр поиска, используемый для аутентификации в режиме поиск+связывание. Вхождения `$username` в нём будут заменяться именем пользователя. Это позволяет задавать более гибкие фильтры поиска, чем `ldapsearchattribute`.

`ldapurl`

Адрес LDAP по стандарту RFC 4516. Это альтернативный способ записи некоторых других параметров LDAP в более компактном и стандартном виде. Формат адреса таков:

ldap[s]://*сервер*[:*порт*]/*basedn*[?[*атрибут*][?[*scope*][?[*фильтр*]]]]

Здесь *scope* принимает значение `base`, `one` или `sub` (обычно последнее). По умолчанию подразумевается `base`, что не очень полезно при таком применении. В качестве *атрибута* может указываться один атрибут; в этом случае он используется как значение параметра `ldapsearchattribute`. Если *атрибут* не указан, в качестве значения `ldapsearchfilter` может использоваться *фильтр*.

Схема адреса `ldaps` выбирает для установления LDAP-подключений поверх SSL метод LDAPS, что равнозначно указанию `ldapscheme=ldaps`. Для применения шифрования LDAP с использованием операции `StartTLS` используйте обычную схему URL `ldap` и укажите параметр `ldaptls` в дополнение к `ldapurl`.

Для неанонимного связывания `ldapbinddn` и `ldapbindpasswd` должны быть указаны как раздельные параметры.

В настоящее время URL-адреса LDAP поддерживаются только с OpenLDAP и не поддерживаются в Windows.

Нельзя путать параметры конфигурации для режима простого связывания с параметрами для режима поиск+связывание, это ошибка.

В режиме поиск+связывание поиск может выполняться либо по одному атрибуту, указанному в `ldapsearchattribute`, либо по произвольному фильтру поиска, заданному в `ldapsearchfilter`. Указание `ldapsearchattribute=foo` равнозначно указанию `ldapsearchfilter="(foo=$username)"`. Если не указан ни один параметр, по умолчанию подразумевается `ldapsearchattribute=uid`.

Если PostgreSQL был скомпилирован с OpenLDAP в качестве клиентской библиотеки LDAP, параметр `ldapserver` может быть опущен. В этом случае за списком имён серверов и портов сервер обращается в DNS, к SRV-записи (по стандарту RFC 2782) с именем `_ldap._tcp.DOMAIN`, где `DOMAIN` извлекается из `ldapbasedn`.

Это пример конфигурации LDAP для простого связывания:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapprefix="cn=" ldapsuffix=", dc=example,
 dc=net"
```

Когда запрашивается подключение к серверу базы данных в качестве пользователя базы данных `someuser`, PostgreSQL пытается связаться с LDAP-сервером, используя DN `cn=someuser, dc=example, dc=net` и пароль, предоставленный клиентом. Если это подключение удалось, то доступ к базе данных будет открыт.

Пример конфигурации для режима поиск+связывание:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapbasedn="dc=example, dc=net"
 ldapsearchattribute=uid
```

Когда запрашивается подключение к серверу базы данных в качестве пользователя базы данных `someuser`, PostgreSQL пытается связаться с сервером LDAP анонимно (поскольку `ldapbinddn` не был указан), выполняет поиск для `(uid=someuser)` под указанной базой DN. Если запись найдена, проводится попытка связывание с использованием найденной информации и паролем, предоставленным клиентом. Если вторая попытка подключения проходит успешно, предоставляется доступ к базе данных.

Пример той же конфигурации для режима поиск+связывание, но записанной в виде URL:

```
host ... ldap ldapurl="ldap://ldap.example.net/dc=example,dc=net?uid?sub"
```

Такой URL-формат используется и другим программным обеспечением, поддерживающим аутентификацию по протоколу LDAP, поэтому распространять такую конфигурацию будет легче.

Пример конфигурации поиск+связывание, в котором `ldapsearchfilter` используется вместо `ldapsearchattribute` для прохождения аутентификации по идентификатору или почтовому адресу пользователя:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapbasedn="dc=example, dc=net"
 ldapsearchfilter="(|(uid=$username)(mail=$username))"
```

Пример конфигурации поиск+связывание, в котором используется поиск SRV-записи в DNS для получения имени сервера и порта службы LDAP в домене `example.net`:

```
host ... ldap ldapbasedn="dc=example,dc=net"
```

Подсказка

Поскольку LDAP часто применяет запятые и пробелы для разделения различных частей DN, необходимо использовать кавычки при определении значения параметров, как показано в наших примерах.

20.11. Аутентификация RADIUS

Данный метод аутентификации работает сходным с методом `password` образом, за исключением того, что он использует RADIUS как метод проверки пароля. RADIUS используется только для подтверждения пары «имя пользователя/пароль». Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных до того, как для аутентификации будет использован RADIUS.

В ходе аутентификации RADIUS настроенному RADIUS-серверу посылается запрос доступа. Это сообщение типа `Authenticate Only` (Только аутентификация), которое включает в себя параметры `user name` (имя пользователя), `password` (зашифрованный пароль) и `NAS Identifier` (идентификатор NAS). Запрос зашифровывается с использованием общего с сервером секрета. RADIUS-сервер отвечает на этот запрос либо `Access Accept` (Доступ принят), либо `Access Reject` (Доступ отклонён). Система ведения учёта RADIUS не поддерживается.

Для данного метода можно указать адреса нескольких серверов RADIUS, тогда они будут перебираться по очереди. В случае получения от любого сервера отрицательного ответа произойдёт сбой аутентификации. Если ответ не будет получен, последует попытка подключения к следующему серверу в списке. Чтобы задать имена нескольких серверов, разделите их имена запятыми и заключите список в двойные кавычки. При этом все остальные параметры RADIUS должны указываться так же в списках через запятую, чтобы каждый сервер получил собственное значение. Возможно также задавать их единственным значением, тогда это значение будет применяться ко всем серверам.

Для метода RADIUS доступны следующие параметры конфигурации:

`radiusservers`

DNS-имена или IP-адреса целевых серверов RADIUS. Это обязательный параметр.

`radiussecrets`

Общие секреты, используемые при контактах с серверами RADIUS. Значение этого параметра должно быть одинаковым на серверах PostgreSQL и RADIUS. Рекомендуется использовать строку как минимум из 16 символов. Это обязательный параметр.

> **Примечание**
>
> Шифровальный вектор будет достаточно эффективен только в том случае, если PostgreSQL собран с поддержкой OpenSSL. В противном случае передача данных серверу RADIUS будет лишь замаскированной, но не защищённой, поэтому необходимо принять дополнительные меры безопасности.

`radiusports`

Номера портов для подключения к серверам RADIUS. Если порты не указываются, используется стандартный порт RADIUS (`1812`).

`radiusidentifiers`

Строки, используемые в запросах RADIUS как `NAS Identifier` (Идентификатор NAS). Этот параметр может использоваться, например, для обозначения кластера БД, к которому пытается подключаться пользователь, что позволяет выбрать соответствующую политику на сервере RADIUS. Если никакой идентификатор не задан, по умолчанию используется `postgresql`.

Если в значении параметра RADIUS необходимо передать запятую или пробел, это можно сделать, заключив это значение в двойные кавычки, хотя это может быть не очень удобно, так как потребуются два уровня двойных кавычек. Например, так добавляются пробелы в строки секретов RADIUS:

```
host ... radius radiusservers="server1,server2" radiussecrets="""secret one"",""secret
 two"""
```

20.12. Аутентификация по сертификату

Для аутентификации в рамках этого метода используется клиентский сертификат SSL, поэтому данный способ применим только для SSL-подключений (инструкции для конфигурации SSL находятся в Подразделе 18.9.2). Когда используется этот метод, сервер потребует от клиента предъявления действительного и доверенного сертификата. Пароль у клиента не запрашивается. Атрибут `cn` (Обычное имя) сертификата сравнивается с запрашиваемым именем пользователя базы данных, и если они соответствуют, вход разрешается. Если `cn` отличается от имени пользователя базы данных, то может быть использовано сопоставление имён пользователей.

Для аутентификации по SSL сертификату доступны следующие параметры конфигурации:

`map`

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

Указывать параметр `clientcert` для режима аутентификации `cert` излишне, так как режим `cert` по сути реализуется как аутентификация `trust` со свойством `clientcert=verify-full`.

20.13. Аутентификация PAM

Данный метод аутентификации работает подобно методу `password`, но использует в качестве механизма проверки подлинности PAM (Pluggable Authentication Modules, Подключаемые модули аутентификации). По умолчанию имя службы PAM — `postgresql`. PAM используется только для проверки пар «имя пользователя/пароль» и может дополнительно проверять имя или IP-адрес удалённого компьютера. Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных, чтобы PAM можно было использовать для аутентификации. За дополнительной информацией о PAM обратитесь к *Странице описания Linux-PAM*.

Для аутентификации PAM доступны следующие параметры конфигурации:

`pamservice`

Имя службы PAM

`pam_use_hostname`

Указывает, предоставляется ли модулям PAM через поле `PAM_RHOST` IP-адрес либо имя удалённого компьютера. По умолчанию выдаётся IP-адрес. Установите в этом параметре 1, чтобы использовать имя узла. Разрешение имени узла может приводить к задержкам при подключении. (Обычно конфигурации PAM не задействуют эту информацию, так что этот параметр следует учитывать, только если создана специальная конфигурация, в которой он используется.)

> **Примечание**
>
> Если PAM настроен для чтения `/etc/shadow`, произойдёт сбой аутентификации, потому что сервер PostgreSQL запущен не пользователем root. Однако это не имеет значения, когда PAM настроен для использования LDAP или других методов аутентификации.

20.14. Аутентификация BSD

Данный метод аутентификации работает подобно методу `password`, но использует для проверки пароля механизм аутентификации BSD. Аутентификация BSD используется только для проверки пар «имя пользователя/пароль». Поэтому роль пользователя должна уже существовать в базе данных, чтобы эта аутентификация была успешной. Механизм аутентификации BSD в настоящее время может применяться только в OpenBSD.

Для аутентификации BSD в PostgreSQL применяется тип входа `auth-postgresql` и класс `postgresql`, если он определён в `login.conf`. По умолчанию этот класс входа не существует и PostgreSQL использует класс входа по умолчанию.

> **Примечание**
>
> Для использования аутентификации BSD необходимо сначала добавить учётную запись пользователя PostgreSQL (то есть, пользователя ОС, запускающего сервер) в группу `auth`. Группа `auth` существует в системах OpenBSD по умолчанию.

20.15. Проблемы аутентификации

Сбои и другие проблемы с аутентификацией обычно дают о себе знать через сообщения об ошибках, например:

```
FATAL:  no pg_hba.conf entry for host "123.123.123.123", user "andym", database
 "testdb"
```

Это сообщение вы, скорее всего, получите, если сможете связаться с сервером, но он не захочет с вами общаться. В сообщении содержится предположение, что сервер отказывает вам в подключении, поскольку не может найти подходящую запись в файле `pg_hba.conf`.

```
FATAL:  password authentication failed for user "andym"
```

Такое сообщение показывает, что вы связались с сервером, он готов общаться с вами, но только после того, как вы прошли авторизацию по методу, указанному в файле `pg_hba.conf`. Проверьте пароль, который вы вводите, и как настроен Kerberos или ident, если в сообщении упоминается один из этих типов аутентификации.

```
FATAL:  user "andym" does not exist
```

Указанное имя пользователя базы данных не найдено.

```
FATAL:  database "testdb" does not exist
```

База данных, к которой вы пытаетесь подключиться, не существует. Имейте в виду, что если вы не указали имя базы данных, по умолчанию берётся имя пользователя базы данных, что может приводить к ошибкам.

Подсказка

В журнале сервера может содержаться больше информации, чем в выдаваемых клиенту сообщениях об ошибке аутентификации, поэтому, если вас интересуют причины сбоя, проверьте журнал сервера.

Глава 21. Роли базы данных

PostgreSQL использует концепцию ролей (*roles*) для управления разрешениями на доступ к базе данных. Роль можно рассматривать как пользователя базы данных или как группу пользователей, в зависимости от того, как роль настроена. Роли могут владеть объектами базы данных (например, таблицами и функциями) и выдавать другим ролям разрешения на доступ к этим объектам, управляя тем, кто имеет доступ и к каким объектам. Кроме того, можно предоставить одной роли *членство* в другой роли, таким образом одна роль может использовать права других ролей.

Концепция ролей включает в себя концепцию пользователей («users») и групп («groups»). До версии 8.1 в PostgreSQL пользователи и группы были отдельными сущностями, но теперь есть только роли. Любая роль может использоваться в качестве пользователя, группы, и того и другого.

В этой главе описывается, как создавать роли и управлять ими. Дополнительную информацию о правах доступа ролей к различным объектам баз данных можно найти в Разделе 5.7.

21.1. Роли базы данных

Роли базы данных концептуально полностью отличаются от пользователей операционной системы. На практике поддержание соответствия между ними может быть удобным, но не является обязательным. Роли базы данных являются глобальными для всей установки кластера базы данных (не для отдельной базы данных). Для создания роли используется команда SQL CREATE ROLE:

```
CREATE ROLE имя;
```

Здесь *имя* соответствует правилам именования идентификаторов SQL: либо обычное, без специальных символов, либо в двойных кавычках. (На практике, к команде обычно добавляются другие указания, такие как `LOGIN`. Подробнее об этом ниже.) Для удаления роли используется команда DROP ROLE:

```
DROP ROLE имя;
```

Для удобства поставляются программы createuser и dropuser, которые являются обёртками для этих команд SQL и вызываются из командной строки оболочки ОС:

```
createuser имя
dropuser имя
```

Чтобы получить список существующих ролей, обратитесь к представлению `pg_roles`, например:

```
SELECT rolname FROM pg_roles;
```

Метакоманда `\du` программы psql также полезна для получения списка существующих ролей.

Для начальной настройки кластера базы данных, система сразу после инициализации всегда содержит одну предопределённую роль. Эта роль является суперпользователем («superuser») и по умолчанию (если не изменено при запуске `initdb`) имеет такое же имя, как и пользователь операционной системы, инициализирующий кластер баз данных. Обычно эта роль называется `postgres`. Для создания других ролей, вначале нужно подключиться с этой ролью.

Каждое подключение к серверу базы данных выполняется под именем конкретной роли, и эта роль определяет начальные права доступа для команд, выполняемых в этом соединении. Имя роли для конкретного подключения к базе данных указывается клиентской программой характерным для неё способом, таким образом инициируя запрос на подключение. Например, программа `psql` для указания роли использует аргумент командной строки `-U`. Многие приложения предполагают, что по умолчанию нужно использовать имя пользователя операционной системы (включая `createuser` и `psql`). Поэтому часто бывает удобным поддерживать соответствие между именами ролей и именами пользователей операционной системы.

Список доступных для подключения ролей, который могут использовать клиенты, определяется конфигурацией аутентификации, как описывалось в Главе 20. (Поэтому клиент не ограничен только ролью, соответствующей имени пользователя операционной системы, так же как и имя для входа может не соответствовать реальному имени.) Так как с ролью связан набор прав, доступных для клиента, в многопользовательской среде распределять права следует с осторожностью.

21.2. Атрибуты ролей

Роль базы данных может иметь атрибуты, определяющие её полномочия и взаимодействие с системой аутентификации клиентов.

Право подключения

Только роли с атрибутом `LOGIN` могут использоваться для начального подключения к базе данных. Роль с атрибутом `LOGIN` можно рассматривать как пользователя базы данных. Для создания такой роли можно использовать любой из вариантов:

```
CREATE ROLE имя LOGIN;
CREATE USER имя;
```

(Команда `CREATE USER` эквивалентна `CREATE ROLE` за исключением того, что `CREATE USER` по умолчанию включает атрибут `LOGIN`, в то время как `CREATE ROLE` — нет.)

Статус суперпользователя

Суперпользователь базы данных обходит все проверки прав доступа, за исключением права на вход в систему. Это опасная привилегия и она не должна использоваться небрежно. Лучше всего выполнять большую часть работы не как суперпользователь. Для создания нового суперпользователя используется `CREATE ROLE имя SUPERUSER`. Это нужно выполнить из под роли, которая также является суперпользователем.

Создание базы данных

Роль должна явно иметь разрешение на создание базы данных (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Для создания такой роли используется `CREATE ROLE имя CREATEDB`.

Создание роли

Роль должна явно иметь разрешение на создание других ролей (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Для создания такой роли используется `CREATE ROLE имя CREATEROLE`. Роль с правом `CREATEROLE` может не только создавать, но и изменять и удалять другие роли, а также выдавать и отзывать членство в ролях. Изменение роли включает большинство действий команды `ALTER ROLE`, например смену пароля, а также действия команд `COMMENT` и `SECURITY LABEL` в отношении ролей.

Однако, имея право `CREATEROLE`, нельзя ни создавать, ни каким-либо образом влиять на роли `SUPERUSER`. Кроме того, с правом `CREATEROLE` нельзя ни создавать пользователей `REPLICATION`, ни предоставлять или отзывать право `REPLICATION`, ни изменять свойства ролей таких пользователей. Тем не менее, это право позволяет использовать команды `ALTER ROLE ... SET` и `ALTER ROLE ... RENAME` в отношении ролей `REPLICATION`, а также `COMMENT ON ROLE`, `SECURITY LABEL ON ROLE` и `DROP ROLE`. Наконец, право `CREATEROLE` не даёт возможности предоставлять или отзывать право `BYPASSRLS`.

Поскольку право `CREATEROLE` даёт пользователю возможность предоставлять или отзывать членство даже в тех ролях, к которым у него (пока) нет доступа, пользователь с правом `CREATEROLE` может получить доступ к возможностям каждой заданной роли в системе, включая роли, имеющие множество прав, такие как `pg_execute_server_program` и `pg_write_server_files`.

Запуск репликации

Роль должна иметь явное разрешение на запуск потоковой репликации (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Роль, используемая для потоковой репликации, также должна иметь атрибут `LOGIN`. Для создания такой роли используется `CREATE ROLE` *`имя`* `REPLICATION LOGIN`.

Пароль

Пароль имеет значение, если метод аутентификации клиентов требует, чтобы пользователи предоставляли пароль при подключении к базе данных. Методы аутентификации `password` и `md5` используют пароли. База данных и операционная система используют раздельные пароли. Пароль указывается при создании роли: `CREATE ROLE` *`имя`* `PASSWORD '`*`строка`*`'`.

Наследование прав

По умолчанию роль получает разрешение наследовать права той роли, членом которой она является. Однако можно создать роль и без такого разрешения, выполнив `CREATE ROLE` *`имя`* `NOINHERIT`.

Игнорирование защиты на уровне строк

Разрешение обходить все политики защиты на уровне строк (RLS) нужно давать роли явно. Создать роль с таким разрешением можно, выполнив `CREATE ROLE` *`имя`* `BYPASSRLS` от имени суперпользователя.

Ограничение соединений

Для роли можно ограничить число одновременных соединений. -1 (по умолчанию) означает отсутствие ограничения. Для создания роли с ограничением используется `CREATE ROLE` *`name`* `CONNECTION LIMIT '`*`число`*`'`.

Атрибуты ролей могут быть изменены после создания командой `ALTER ROLE`. Более детальная информация в справке по командам CREATE ROLE и ALTER ROLE.

На уровне ролей можно устанавливать многие конфигурационные параметры времени выполнения, описанные в Главе 19. Например, если по некоторым причинам всякий раз при подключении к базе данных требуется отключить использование индексов (подсказка: плохая идея), можно выполнить:

```
ALTER ROLE myname SET enable_indexscan TO off;
```

Установленное значение параметра будет сохранено (но не будет применено сразу). Для последующих подключений с этой ролью это будет выглядеть как выполнение команды `SET enable_indexscan TO off` перед началом сеанса. Но это только значение по умолчанию; в течение сеанса этот параметр можно изменить. Для удаления установок на уровне ролей для параметров конфигурации используется `ALTER ROLE` *`имя_роли`* `RESET` *`имя_переменной`*. Обратите внимание, что установка параметров конфигурации на уровне роли без права `LOGIN` лишено смысла, т. к. они никогда не будут применены.

21.3. Членство в роли

Часто бывает удобно сгруппировать пользователей для упрощения управления правами: права можно выдавать для всей группы и у всей группы забирать. В PostgreSQL для этого создаётся роль, представляющая группу, а затем *членство* в этой группе выдаётся ролям индивидуальных пользователей.

Для настройки групповой роли сначала нужно создать саму роль:

```
CREATE ROLE имя;
```

Обычно групповая роль не имеет атрибута `LOGIN`, хотя при желании его можно установить.

После того как групповая роль создана, в неё можно добавлять или удалять членов, используя команды GRANT и REVOKE:

```
GRANT групповая_роль TO роль1, ... ;
```

```
REVOKE групповая_роль FROM роль1, ... ;
```

Членом роли может быть и другая групповая роль (потому что в действительности нет никаких различий между групповыми и не групповыми ролями). При этом база данных не допускает замыкания членства по кругу. Также не допускается управление членством роли `PUBLIC` в других ролях.

Члены групповой роли могут использовать её права двумя способами. Во-первых, каждый член группы может явно выполнить SET ROLE, чтобы временно «стать» групповой ролью. В этом состоянии сеанс базы данных использует полномочия групповой роли вместо оригинальной роли, под которой был выполнен вход в систему. При этом для всех создаваемых объектов базы данных владельцем считается групповая, а не оригинальная роль. Во-вторых, роли, имеющие атрибут `INHERIT`, автоматически используют права всех ролей, членами которых они являются, в том числе и унаследованные этими ролями права. Например:

```
CREATE ROLE joe LOGIN INHERIT;
CREATE ROLE admin NOINHERIT;
CREATE ROLE wheel NOINHERIT;
GRANT admin TO joe;
GRANT wheel TO admin;
```

После подключения с ролью `joe` сеанс базы данных будет использовать права, выданные напрямую `joe`, и права, выданные роли `admin`, так как `joe` «наследует» права `admin`. Однако права, выданные `wheel`, не будут доступны, потому что, хотя `joe` неявно и является членом `wheel`, это членство получено через роль `admin`, которая имеет атрибут `NOINHERIT`. После выполнения команды:

```
SET ROLE admin;
```

сеанс будет использовать только права, назначенные `admin`, а права, назначенные роли `joe`, не будут доступны. После выполнения команды:

```
SET ROLE wheel;
```

сеанс будет использовать только права, выданные `wheel`, а права `joe` и `admin` не будут доступны. Начальный набор прав можно получить любой из команд:

```
SET ROLE joe;
SET ROLE NONE;
RESET ROLE;
```

Примечание

Команда `SET ROLE` в любой момент разрешает выбрать любую роль, прямым или косвенным членом которой является оригинальная роль, под которой был выполнен вход в систему. Поэтому в примере выше не обязательно сначала становиться `admin` перед тем как стать `wheel`.

Примечание

В стандарте SQL есть чёткое различие между пользователями и ролями. При этом пользователи, в отличие от ролей, не наследуют права автоматически. Такое поведение может быть получено в PostgreSQL, если для ролей, используемых как роли в стандарте SQL, устанавливать атрибут `INHERIT`, а для ролей-пользователей в стандарте SQL — атрибут `NOINHERIT`. Однако в PostgreSQL все роли по умолчанию имеют атрибут `INHERIT`. Это сделано для обратной совместимости с версиями до 8.1, в которых пользователи всегда могли использовать права групп, членами которых они являются.

Атрибуты роли `LOGIN`, `SUPERUSER`, `CREATEDB` и `CREATEROLE` можно рассматривать как особые права, но они никогда не наследуются как обычные права на объекты базы данных. Чтобы ими воспользоваться, необходимо переключиться на роль, имеющую этот атрибут, с помощью команды `SET`

ROLE. Продолжая предыдущий пример, можно установить атрибуты CREATEDB и CREATEROLE для роли admin. Затем при входе с ролью joe, получить доступ к этим правам будет возможно только после выполнения SET ROLE admin.

Для удаления групповой роли используется DROP ROLE:

```
DROP ROLE имя;
```

Любое членство в групповой роли будет автоматически отозвано (в остальном на членов этой роли это никак не повлияет).

21.4. Удаление ролей

Так как роли могут владеть объектами баз данных и иметь права доступа к объектам других, удаление роли не сводится к немедленному действию DROP ROLE. Сначала должны быть удалены и переданы другим владельцами все объекты, принадлежащие роли; также должны быть отозваны все права, данные роли.

Владение объектами можно передавать в индивидуальном порядке, применяя команду ALTER, например:

```
ALTER TABLE bobs_table OWNER TO alice;
```

Кроме того, для переназначения какой-либо другой роли владения сразу всеми объектами, принадлежащими удаляемой роли, можно применить команду REASSIGN OWNED. Так как REASSIGN OWNED не может обращаться к объектам в других базах данных, её необходимо выполнить в каждой базе, которая содержит объекты, принадлежащие этой роли. (Заметьте, что первая такая команда REASSIGN OWNED изменит владельца для всех разделяемых между базами объектов, то есть для баз данных или табличных пространств, принадлежащих удаляемой роли.)

После того как все ценные объекты будут переданы новым владельцам, все оставшиеся объекты, принадлежащие удаляемой роли, могут быть удалены с помощью команды DROP OWNED. И эта команда не может обращаться к объектам в других базах данных, так что её нужно запускать в каждой базе, которая содержит объекты, принадлежащие роли. Также заметьте, что DROP OWNED не удаляет табличные пространства или базы данных целиком, так что это необходимо сделать вручную, если роли принадлежат базы или табличные пространства, не переданные новым владельцам.

DROP OWNED также удаляет все права, которые даны целевой роли для объектов, не принадлежащих ей. Так как REASSIGN OWNED такие объекты не затрагивает, обычно необходимо запустить и REASSIGN OWNED, и DROP OWNED (в этом порядке!), чтобы полностью ликвидировать зависимости удаляемой роли.

С учётом этого, общий рецепт удаления роли, которая владела объектами, вкратце таков:

```
REASSIGN OWNED BY doomed_role TO successor_role;
DROP OWNED BY doomed_role;
-- повторить предыдущие команды для каждой базы в кластере
DROP ROLE doomed_role;
```

Когда не все объекты нужно передать одному новому владельцу, лучше сначала вручную отработать исключения, а в завершение выполнить показанные выше действия.

При попытке выполнить DROP ROLE для роли, у которой сохраняются зависимые объекты, будут выданы сообщения, говорящие, какие объекты нужно передать другому владельцу или удалить.

21.5. Предопределённые роли

В PostgreSQL имеется набор предопределённых ролей, которые дают доступ к некоторым часто востребованным, но не общедоступным функциям и данным. Администраторы могут назначать (GRANT) эти роли пользователям и/или ролям в своей среде, таким образом открывая этим пользователям доступ к указанной функциональности и информации.

Имеющиеся предопределённые роли описаны в Таблице 21.1. Заметьте, что конкретные разрешения для каждой из предопределённых ролей в будущем могут изменяться по мере добавления дополнительной функциональности. Администраторы должны следить за этими изменениями, просматривая замечания к выпускам.

Таблица 21.1. Предопределённые роли

Роль	Разрешаемый доступ
pg_read_all_settings	Читать все конфигурационные переменные, даже те, что обычно видны только суперпользователям.
pg_read_all_stats	Читать все представления pg_stat_* и использовать различные расширения, связанные со статистикой, даже те, что обычно видны только суперпользователям.
pg_stat_scan_tables	Выполнять функции мониторинга, которые могут устанавливать блокировки ACCESS SHARE в таблицах, возможно, на длительное время.
pg_monitor	Читать/выполнять различные представления и функции для мониторинга. Эта роль включена в роли pg_read_all_settings, pg_read_all_stats и pg_stat_scan_tables.
pg_signal_backend	Передавать другим обслуживающим процессам сигналы для отмены запроса или завершения сеанса.
pg_read_server_files	Читать файлы в любом месте файловой системы, куда имеет доступ СУБД на сервере, выполняя COPY и другие функции работы с файлами.
pg_write_server_files	Записывать файлы в любом месте файловой системы, куда имеет доступ СУБД на сервере, выполняя COPY и другие функции работы с файлами.
pg_execute_server_program	Выполнять программы на сервере (от имени пользователя, запускающего СУБД) так же, как это делает команда COPY и другие функции, выполняющие программы на стороне сервера.

Роли pg_monitor, pg_read_all_settings, pg_read_all_stats и pg_stat_scan_tables созданы для того, чтобы администраторы могли легко настроить роль для мониторинга сервера БД. Эти роли наделяют своих членов набором общих прав, позволяющих читать различные полезные параметры конфигурации, статистику и другую системную информацию, что обычно доступно только суперпользователям.

Роль pg_signal_backend предназначена для того, чтобы администраторы могли давать доверенным, но не имеющим прав суперпользователя ролям право посылать сигналы другим обслуживающим процессам. В настоящее время эта роль позволяет передавать сигналы для отмены запроса, выполняющегося в другом процессе, или для завершения сеанса. Однако пользователь, включённый в эту роль, не может отправлять сигналы процессам, принадлежащим суперпользователям. См. Подраздел 9.27.2.

Роли pg_read_server_files, pg_write_server_files и pg_execute_server_program предназначены для того, чтобы администраторы могли выделить доверенные, но не имеющие права суперпользователей роли для доступа к файлам и запуска программ на сервере БД от имени пользователя, запускающего СУБД. Так как эти роли могут напрямую обращаться к любым файлам в файловой системе сервера, они обходят все проверки разрешений на уровне базы данных, а значит, воспользовавшись ими, можно получить права суперпользователя. Поэтому назначать их пользователям следует со всей осторожностью.

Управлять членством в этих ролях следует осмотрительно, чтобы они использовались только по необходимости и только с пониманием, что они открывают доступ к закрытой информации.

Администраторы могут давать пользователям доступ к этим ролям, используя команду GRANT. Например:

```
GRANT pg_signal_backend TO admin_user;
```

21.6. Безопасность функций

Функции, триггеры и политики защиты на уровне строк позволяют пользователям внедрять код в обслуживающие процессы, который может быть непреднамеренно выполнен другими пользователями. Таким образом эти механизмы позволяют пользователям запускать «троянский код» относительно просто. Лучшая защита от этого — строгое ограничение круга лиц, которые могут создавать объекты. Там где это невозможно, пишите запросы так, чтобы они ссылались только на объекты с доверенными владельцами. Удалите из `search_path` схему public и любые другие схемы, в которых могут создавать объекты недоверенные пользователи.

Функции выполняются внутри серверного процесса с полномочиями пользователя операционной системы, запускающего сервер базы данных. Если используемый для функций язык программирования разрешает неконтролируемый доступ к памяти, то это даёт возможность изменить внутренние структуры данных сервера. Таким образом, помимо всего прочего, такие функции могут обойти ограничения доступа к системе. Языки программирования, допускающие такой доступ, считаются «недоверенными» и создавать функции на этих языках PostgreSQL разрешает только суперпользователям.

Глава 22. Управление базами данных

Каждый работающий экземпляр сервера PostgreSQL обслуживает одну или несколько баз данных. Поэтому базы данных представляют собой вершину иерархии SQL-объектов («объектов базы данных»). Данная глава описывает свойства баз данных, процессы создания, управления и удаления.

22.1. Обзор

Некоторые объекты, включая роли, базы данных и табличные пространства, определяются на уровне кластера и сохраняются в табличном пространстве `pg_global`. Внутри кластера существуют базы данных, которые отделены друг от друга, но могут обращаться к объектам уровня кластера. Внутри каждой базы данных имеются схемы, содержащие такие объекты, как таблицы и функции. Таким образом, полная иерархия выглядит следующим образом: кластер, база данных, схема, таблица (или иной объект, например функция).

При подключении к серверу баз данных клиент должен указать имя базы в запросе подключения. Обращаться к нескольким базам через одно подключение нельзя, однако клиенты могут открыть несколько подключений к одной базе или к разным. Безопасность на уровне базы обеспечивают две составляющие: управление подключениями (см. Раздел 20.1), которое осуществляется на уровне соединения, и управление доступом к объектам (см. Раздел 5.7), для которого реализована система прав. Обёртки сторонних данных (см. postgres_fdw) позволяют создать в одной базе данных объекты, скрывающие за собой объекты в других базах или кластерах. Подобную же функциональность предоставляет и более старый модуль dblink (см. dblink). По умолчанию все пользователи могут подключаться ко всем базам данных, используя все методы подключения.

В случаях, когда в кластере PostgreSQL планируется размещать данные несвязанных проектов или с ним будут работать пользователи, которые в принципе не должны никак взаимодействовать, рекомендуется использовать отдельные базы данных и организовать управление подключением и доступом к объектам соответствующим образом. Если же проекты или пользователи взаимосвязаны и должны иметь возможность использовать ресурсы друг друга, они должны размещаться в одной базе данных, но, возможно, в отдельных схемах. Таким образом будет создана модульная структура с изолированными пространствами имён и управлением доступа. Подробнее об управлении схемами рассказывается в Разделе 5.9.

Хотя в одном кластере можно создать несколько баз данных, прежде чем это делать, рекомендуется тщательно взвесить все связанные с этим риски и ограничения. В частности, наличие общего WAL (см. Главу 29) может повлиять на возможности резервного копирования и восстановления данных. Отдельные базы в кластере изолированы друг от друга с точки зрения пользователя, но с точки зрения администратора баз данных они тесно связаны.

Базы данных создаются командой `CREATE DATABASE` (см. Раздел 22.2), а удаляются командой `DROP DATABASE` (см. Раздел 22.5). Список существующих баз данных можно посмотреть в системном каталоге `pg_database`, например,

```
SELECT datname FROM pg_database;
```

Метакоманда `\l` или ключ `-l` командной строки приложения psql также позволяют вывести список существующих баз данных.

> **Примечание**
>
> Стандарт SQL называет базы данных «каталогами», но на практике у них нет отличий.

22.2. Создание базы данных

Для создания базы данных сервер PostgreSQL должен быть развёрнут и запущен (см. Раздел 18.3).

База данных создаётся SQL-командой CREATE DATABASE:

```
CREATE DATABASE имя;
```

где *имя* подчиняется правилам именования идентификаторов SQL. Текущий пользователь автоматически назначается владельцем. Владелец может удалить свою базу, что также приведёт к удалению всех её объектов, в том числе, имеющих других владельцев.

Создание баз данных это привилегированная операция. Как предоставить права доступа, описано в Разделе 21.2.

Поскольку для выполнения команды `CREATE DATABASE` необходимо подключение к серверу базы данных, возникает вопрос как создать самую первую базу данных. Первая база данных всегда создаётся командой `initdb` при инициализации пространства хранения данных (см. Раздел 18.2.) Эта база данных называется `postgres`. Далее для создания первой «обычной» базы данных можно подключиться к `postgres`.

Вторая база данных `template1`, также создаётся во время инициализации кластера. При каждом создании новой базы данных в рамках кластера по факту производится клонирование шаблона `template1`. При этом любые изменения, сделанные в `template1` распространяются на все созданные впоследствии базы данных. Следует избегать создания объектов в `template1`, за исключением ситуации, когда их необходимо автоматически добавлять в новые базы. Более подробно в Разделе 22.3.

Для удобства, есть утилита командной строки для создания баз данных, `createdb`.

```
createdb dbname
```

Утилита `createdb` не делает ничего волшебного, она просто подключается к базе данных `postgres` и выполняет ранее описанную SQL-команду `CREATE DATABASE`. Подробнее о её вызове можно узнать в createdb. Обратите внимание, что команда `createdb` без параметров создаст базу данных с именем текущего пользователя.

> **Примечание**
>
> Глава 20 содержит информацию о том, как ограничить права на подключение к заданной базе данных.

Иногда необходимо создать базу данных для другого пользователя и назначить его владельцем, чтобы он мог конфигурировать и управлять ею. Для этого используйте одну из следующих команд:

```
CREATE DATABASE имя_базы OWNER имя_роли;
```

из среды SQL, или:

```
createdb -O имя_роли имя_базы
```

из командной строки ОС. Лишь суперпользователь может создавать базы данных для других (для ролей, членом которых он не является).

22.3. Шаблоны баз данных

По факту команда `CREATE DATABASE` выполняет копирование существующей базы данных. По умолчанию копируется стандартная системная база `template1`. Таким образом, `template1` это шаблон, на основе которого создаются новые базы. Если добавить объекты в `template1`, то впоследствии они будут копироваться в новые базы данных. Это позволяет внести изменения в стандартный набор объектов. Например, если в `template1` установить процедурный язык PL/Perl, то он будет доступен в новых базах без дополнительных действий.

Однако команда `CREATE DATABASE` не копирует права `GRANT` уровня базы из исходной БД. Новая база получает права уровня базы по умолчанию.

Также существует вторая системная база `template0`. При инициализации она содержит те же самые объекты, что и `template1`, предопределённые в рамках устанавливаемой версии PostgreSQL. В template0 не следует вносить никакие изменения после инициализации кластера. Если в команде CREATE DATABASE указать в качестве шаблона template0 вместо template1, вы сможете получить «чистую» пользовательскую базу данных (в которой никаких пользовательских объектов нет, есть только системные объекты в первозданном виде), не содержащую ничего, что могло быть добавлено на месте в template1. Это особенно полезно при восстановлении дампа pg_dump: скрипт выгруженного дампа должен восстанавливаться в чистую базу, чтобы он мог воссоздать нужное содержимое базы, избежав конфликтов с объектами, которые могли быть добавлены в template1.

Другая причина, для копирования template0 вместо template1 заключается в том, что можно указать новые параметры локали и кодировку при копировании template0, в то время как для копий template1 они не должны меняться. Это связано с тем, что template1 может содержать данные в специфических кодировках и локалях, в отличие от template0.

Для создания базы данных на основе template0, используйте:

```
CREATE DATABASE dbname TEMPLATE template0;
```

из среды SQL, или:

```
createdb -T template0 dbname
```

из командной строки ОС.

Можно создавать дополнительные шаблоны баз данных, и, более того, можно копировать любую базу данных кластера, если указать её имя в качестве шаблона в команде CREATE DATABASE. Важно понимать, что это (пока) не рассматривается в качестве основного инструмента для реализации возможности «COPY DATABASE». Важным является то, что при копировании все сеансы к копируемой базе данных, должны быть закрыты. CREATE DATABASE выдаст ошибку, если есть другие подключения; во время операции копирования новые подключения к этой базе данных не разрешены.

В таблице pg_databaseесть два полезных флага для каждой базы данных: столбцы datistemplate и datallowconn. datistemplate указывает на факт того, что база данных может выступать в качестве шаблона в команде CREATE DATABASE. Если флаг установлен, то для пользователей с правом CREATEDB клонирование доступно; если флаг не установлен, то лишь суперпользователь и владелец базы данных могут её клонировать. Если datallowconn не установлен, то новые подключения к этой базе не допустимы (однако текущие сеансы не закрываются при сбросе этого флага). База template0 обычно помечена как datallowconn = false для избежания любых её модификаций. И template0, и template1 всегда должны быть помечены флагом datistemplate = true.

Примечание

template1 и template0 не выделены как-то особенно, кроме того факта, что template1 используется по умолчанию в команде CREATE DATABASE. Например, можно удалить template1 и безболезненно создать заново из template0. Это можно посоветовать в случае, если template1 был замусорен. (Чтобы удалить template1, необходимо сбросить флаг pg_database.datistemplate = false.)

База данных postgres также создаётся при инициализации кластера. Она используется пользователями и приложениями для подключения по умолчанию. Представляет собой всего лишь копию template1, и может быть удалена и повторно создана при необходимости.

22.4. Конфигурирование баз данных

Обратившись к Главе 19 можно выяснить, что сервер PostgreSQL имеет множество параметров конфигурации времени выполнения. Можно выставить специфичные для базы данных значения по умолчанию.

Например, если по какой-то причине необходимо выключить GEQO оптимизатор в какой-то из баз, то можно, либо выключить его для всех баз данных одновременно, либо убедиться, что все клиенты заботятся об этом, выполняя команду `SET geqo TO off`. Для того чтобы это действовало по умолчанию в конкретной базе данных, необходимо выполнить команду:

```
ALTER DATABASE mydb SET geqo TO off;
```

Установка сохраняется, но не применяется тотчас. В последующих подключениях к этой базе данных, эффект будет таким, будто перед началом сеанса была выполнена команда `SET geqo TO off;`. Стоит обратить внимание, что пользователь по-прежнему может изменять этот параметр во время сеанса; ведь это просто значение по умолчанию. Чтобы сбросить такое установленное значение, используйте `ALTER DATABASE` *`dbname`* `RESET` *`varname`*.

22.5. Удаление базы данных

Базы данных удаляются командой DROP DATABASE:

```
DROP DATABASE имя;
```

Лишь владелец базы данных или суперпользователь могут удалить базу. При удалении также удаляются все её объекты. Удаление базы данных это необратимая операция.

Невозможно выполнить команду `DROP DATABASE` пока существует хоть одно подключение к заданной базе. Однако можно подключиться к любой другой, в том числе и `template1`. `template1` может быть единственной возможностью при удалении последней пользовательской базы данных кластера.

Также существует утилита командной строки для удаления баз данных dropdb:

```
dropdb dbname
```

(В отличие от команды `createdb` утилита не использует имя текущего пользователя по умолчанию).

22.6. Табличные пространства

Табличные пространства в PostgreSQL позволяют администраторам организовать логику размещения файлов объектов базы данных в файловой системе. К однажды созданному табличному пространству можно обращаться по имени на этапе создания объектов.

Табличные пространства позволяют администратору управлять дисковым пространством для инсталляции PostgreSQL. Это полезно минимум по двум причинам. Во-первых, это нехватка места в разделе, на котором был инициализирован кластер и невозможность его расширения. Табличное пространство можно создать в другом разделе и использовать его до тех пор, пока не появится возможность переконфигурирования системы.

Во-вторых, табличные пространства позволяют администраторам оптимизировать производительность согласно бизнес-процессам, связанным с объектами базы данных. Например, часто используемый индекс можно разместить на очень быстром и надёжном, но дорогом SSD-диске. В то же время таблица с архивными данными, которые редко используются и скорость к доступа к ним не важна, может быть размещена в более дешёвом и медленном хранилище.

> **Предупреждение**
>
> Несмотря на внешнее размещение относительно основного каталога хранения данных PostgreSQL, табличные пространства являются неотъемлемой частью кластера и *не могут* трактоваться, как самостоятельная коллекция файлов данных. Они зависят от метаданных, расположенных в главном каталоге, и потому не могут быть подключены к другому кластеру, или копироваться по отдельности. Также, в случае потери табличного пространства (при удалении файлов, сбое диска и т. п.), кластер может оказаться недоступным или не сможет запуститься. Таким образом, при размещении табличного пространства во временной файловой системе, например, в RAM-диске, возникает угроза надёжности всего кластера.

Для создания табличного пространства используется команда CREATE TABLESPACE, например::

```
CREATE TABLESPACE fastspace LOCATION '/ssd1/postgresql/data';
```

Каталог должен существовать, быть пустым и принадлежать пользователю ОС, под которым запущен PostgreSQL. Все созданные впоследствии объекты, принадлежащие целевому табличному пространству, будут храниться в файлах расположенных в этом каталоге. Каталог не должен размещаться на съёмных или устройствах временного хранения, так как кластер может перестать функционировать из-за потери этого пространства.

> **Примечание**
>
> Обычно нет смысла создавать более одного пространства на одну логическую файловую систему, так как нет возможности контролировать расположение отдельных файлов в файловой системе. Однако PostgreSQL не накладывает никаких ограничений в этом отношении, и более того, напрямую не заботится о точках монтирования файловой системы. Просто осуществляется хранение файлов в указанных каталогах.

Создавать табличное пространство должен суперпользователь базы данных, но после этого можно разрешить обычным пользователям его использовать. Для этого необходимо предоставить привилегию `CREATE` на табличное пространство.

Таблицы, индексы и целые базы данных могут храниться в отдельных табличных пространствах. Для этого пользователь с правом `CREATE` на табличное пространство должен указать его имя в качестве параметра соответствующей команды. Например, далее создаётся таблица в табличном пространстве `space1`:

```
CREATE TABLE foo(i int) TABLESPACE space1;
```

Как вариант, используйте параметр default_tablespace:

```
SET default_tablespace = space1;
CREATE TABLE foo(i int);
```

Когда `default_tablespace` имеет значение отличное от пустой строки, он будет использоваться неявно в качестве значения параметра `TABLESPACE` в командах `CREATE TABLE` и `CREATE INDEX`, если в самой команде не задано иное.

Существует параметр temp_tablespaces, который указывает на размещение временных таблиц и индексов, а также файлов, создаваемых, например, при операциях сортировки больших наборов данных. Предпочтительнее, в качестве значения этого параметра, указывать не одно имя, а список из нескольких табличных пространств. Это поможет распределить нагрузку, связанную с временными объектами, по различным табличным пространствам. При каждом создании временного объекта будет случайным образом выбираться имя из указанного списка табличных пространств.

Табличное пространство, связанное с базой данных, также используется для хранения её системных каталогов. Более того, это табличное пространство используется по умолчанию для таблиц, индексов и временных файлов, создаваемых в базе данных, если не указано иное в выражении `TABLESPACE`, или переменной `default_tablespace`, или `temp_tablespaces` (соответственно). Если база данных создана без указания конкретного табличного пространства, то используется пространство, к которому принадлежит копируемый шаблон.

При инициализации кластера автоматически создаются два табличных пространства. Табличное пространство `pg_global` используется для общих системных каталогов. Табличное пространство `pg_default` используется по умолчанию для баз данных `template1` и `template0` (в свою очередь, также является пространством по умолчанию для других баз данных, пока не будет явно указано иное в выражении `TABLESPACE` команды `CREATE DATABASE`).

После создания, табличное пространство можно использовать в рамках любой базы данных, при условии, что у пользователя имеются необходимые права. Это означает, что табличное пространство невозможно удалить до тех пор, пока не будут удалены все объекты баз данных, использующих это пространство.

Для удаления пустого табличного пространства используйте команду DROP TABLESPACE.

Чтобы получить список табличных пространств можно сделать запрос к системному каталогу `pg_tablespace`, например,

```
SELECT spcname FROM pg_tablespace;
```

Метакоманда `\db` утилиты psql также позволяет отобразить список существующих табличных пространств.

PostgreSQL использует символические ссылки для упрощения реализации табличных пространств. Это означает, что табличные пространства могут использоваться *только* в системах, поддерживающих символические ссылки.

Каталог `$PGDATA/pg_tblspc` содержит символические ссылки, которые указывают на внешние табличные пространства кластера. Хоть и не рекомендуется, но возможно регулировать табличные пространства вручную, переопределяя эти ссылки. Ни при каких обстоятельствах эти операции нельзя проводить, пока запущен сервер баз данных. Обратите внимание, что в версии PostgreSQL 9.1 и более ранних также необходимо обновить информацию в `pg_tablespace` о новых расположениях. (Если это не сделать, то `pg_dump` будет продолжать выводить старые расположения табличных пространств.)

Глава 23. Локализация

Данная глава описывает доступные возможности локализации с точки зрения администратора. PostgreSQL поддерживает два средства локализации:

- Использование средств локализации операционной системы для обеспечения определяемых локалью порядка правил сортировки, форматирования чисел, перевода сообщений и прочих аспектов. Это рассматривается в Разделе 23.1 и Разделе 23.2.
- Обеспечение возможностей использования различных кодировок для хранения текста на разных языках и перевода кодировок между клиентом и сервером. Это рассматривается в Разделе 23.3.

23.1. Поддержка языковых стандартов

Поддержка *языковых стандартов* в приложениях относится к культурным предпочтениям, которые касаются алфавита, порядка сортировки, форматирования чисел и т. п. PostgreSQL использует соответствующие стандартам ISO C и POSIX возможности локали, предоставляемые операционной системой сервера. За дополнительной информацией обращайтесь к документации вашей системы.

23.1.1. Обзор

Поддержка локали автоматически инициализируется, когда кластер базы данных создаётся при помощи `initdb`. `initdb` инициализирует кластер баз данных по умолчанию с локалью из окружения выполнения. Поэтому, если ваша система уже использует локаль, которую вы хотите выбрать для вашего кластера баз данных, вам не требуется дополнительно совершать никаких действий. Если вы хотите использовать другую локаль (или вы точно не знаете, какая локаль используется в вашей системе), вы можете указать для `initdb`, какую именно локаль использовать, задав параметр `--locale`. Например:

```
initdb --locale=ru_RU
```

Данный пример для Unix-систем задаёт русский язык (`ru`), на котором говорят в России (`RU`). Другими вариантами могут быть `en_US` (американский английский) и `fr_CA` (канадский французский). Если в языковом окружении может использоваться более одного набора символов, значение может принимать вид *`language_territory.codeset`*. Например, `fr_BE.UTF-8` обозначает французский язык (fr), на котором говорят в Бельгии (BE), с кодировкой UTF-8.

То, какие локали и под какими именами доступны на вашей системе, зависит от того, что было включено в операционную систему производителем и что из этого было установлено. В большинстве Unix-систем команда `locale -a` выведет список доступных локалей. Windows использует более развёрнутые имена локалей, такие как `German_Germany` или `Russian_Russia.1251`, но принципы остаются теми же.

Иногда целесообразно объединить правила из различных локалей, например, использовать английские правила сравнения и испанские сообщения. Для этой цели существует набор категорий локали, каждая из которых управляет только определёнными аспектами правил локализации:

`LC_COLLATE`	Порядок сортировки строк
`LC_CTYPE`	Классификация символов (Что представляет собой буква? Каков её эквивалент в верхнем регистре?)
`LC_MESSAGES`	Язык сообщений
`LC_MONETARY`	Форматирование валютных сумм
`LC_NUMERIC`	Форматирование чисел
`LC_TIME`	Форматирование даты и времени

Эти имена категорий `initdb` принимает в качестве имён соответствующих параметров, позволяющих переопределить выбор локали в определённой категории. Например, чтобы настроить локаль на канадский французский, но при этом использовать американские правила форматирования денежных сумм, используйте `initdb --locale=fr_CA --lc-monetary=en_US`.

Если вы хотите, чтобы система работала без языковой поддержки, используйте специальное имя локали `C` либо эквивалентное ему `POSIX`.

Значения некоторых категорий локали должны быть заданы при создании базы данных. Вы можете использовать различные параметры локали для различных баз данных, но после создания базы вы уже не сможете изменить их для этой базы данных. `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE` являются этими категориями. Они влияют на порядок сортировки в индексах, поэтому они должны быть зафиксированы, иначе индексы на текстовых столбцах могут повредиться. (Однако можно смягчить эти ограничения через задание правил сравнения, как это описано в разделе Раздел 23.2.) Значения по умолчанию для этих категорий определяются при запуске `initdb`, и эти значения используются при создании новых баз данных, если другие значения не указаны явно в команде `CREATE DATABASE`.

Прочие категории локали вы можете изменить в любое время, настроив параметры конфигурации сервера, которые имеют такое же имя как и категории локали (подробнее см. Подраздел 19.11.2). Значения, выбранные через `initdb`, фактически записываются лишь в файл конфигурации `postgresql.conf`, чтобы использоваться по умолчанию при запуске сервера. Если вы удалите эти значения из `postgresql.conf`, сервер получит соответствующие значения из своей среды выполнения.

Обратите внимание на то, что поведение локали сервера определяется переменными среды, установленными на стороне сервера, а не средой клиента. Таким образом, необходимо правильно сконфигурировать локаль перед запуском сервера. Если же клиент и сервер работают с разными локалями, то сообщения, возможно, будут появляться на разных языках в зависимости от того, где они возникают.

> **Примечание**
>
> Когда мы говорим о наследовании локали от среды выполнения, это означает следующее для большинства операционных систем: для определённой категории локали, к примеру, для правил сортировки, следующие переменные среды анализируются в приведённом ниже порядке до тех пор, пока одна из них не окажется заданной: `LC_ALL`, `LC_COLLATE` (или переменная, относящаяся к соответствующей категории), `LANG`. Если ни одна из этих переменных среды не задана, значение локали устанавливается по умолчанию в `C`.
>
> Некоторые библиотеки локализации сообщений также обращаются к переменной среды `LANGUAGE`, которая заменяет все прочие параметры локализации при выборе языка сообщений. В случае затруднений, пожалуйста, воспользуйтесь документацией по вашей операционной системе, в частности, справкой по gettext.

Для того чтобы стал возможен перевод сообщений на язык, выбранный пользователем, NLS должен быть выбран на момент сборки (`configure --enable-nls`). В остальном поддержка локализации осуществляется автоматически.

23.1.2. Поведение

Локаль влияет на следующую функциональность SQL:

- Порядок сортировки в запросах с использованием `ORDER BY` или стандартных операторах сравнения текстовых данных
- Функции `upper`, `lower`, и `initcap`
- Операторы поиска по шаблону (`LIKE`, `SIMILAR TO`, и регулярные выражения в стиле POSIX); локаль влияет как на поиск без учёта регистра, так и на классификацию знаков по классам символов регулярных выражений
- Семейство функций `to_char`
- Возможность использовать индексы с предложениями `LIKE`

Недостатком использования отличающихся от C или POSIX локалей в PostgreSQL является влияние на производительность. Это замедляет обработку символов и мешает LIKE использовать обычные индексы. По этой причине используйте локали только в том случае, если они действительно вам нужны.

В качестве обходного решения, которое позволит PostgreSQL пользоваться индексами с предложениями LIKE с использованием локали, отличной от C, существует несколько классов пользовательских операторов. Они позволяют создать индекс, который выполняет строгое посимвольное сравнение, игнорируя правила сравнения, соответствующие локали. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 11.10. Ещё один подход заключается в создании индексов с помощью правил сортировки C, как было сказано в Разделе 23.2.

23.1.3. Проблемы

Если поддержка локализации не работает в соответствии с объяснением, данным выше, проверьте, насколько корректна конфигурация поддержки локализации в вашей операционной системе. Чтобы проверить, какие локали установлены на вашей системе, вы можете использовать команду `locale -a`, если ваша операционная система поддерживает это.

Проверьте, действительно ли PostgreSQL использует локаль, которую вы подразумеваете. Параметры LC_COLLATE и LC_CTYPE определяются при создании базы данных, и не могут быть изменены, за исключением случаев, когда создаётся новая база данных. Прочие параметры локали, включая LC_MESSAGES и LC_MONETARY первоначально определены средой, в которой запускается сервер, но могут быть оперативно изменены. Вы можете проверить текущие параметры локали с помощью команды SHOW.

Каталог `src/test/locale` в комплекте файлов исходного кода содержит пакет тестов для поддержки локализации PostgreSQL.

Клиентские приложения, которые обрабатывают ошибки сервера, разбирая текст сообщения об ошибке, очевидно, столкнутся с проблемами, когда сообщения сервера будут на другом языке. Авторам таких приложений рекомендуется пользоваться системой кодов ошибок в качестве альтернативы.

Для поддержки наборов переводов сообщений требуется постоянная работа большого числа волонтёров, которые хотят, чтобы в PostgreSQL правильно использовался предпочитаемый ими язык. Если в настоящее время сообщения на вашем языке недоступны или переведены не полностью, будем благодарны вам за содействие. Если вы хотите помочь, обратитесь к Главе 54 или напишите на адрес рассылки разработчиков.

23.2. Поддержка правил сортировки

Правила сортировки позволяют устанавливать порядок сортировки и особенности классификации символов в отдельных столбцах или даже при выполнении отдельных операций. Это смягчает последствия того, что параметры базы данных LC_COLLATE и LC_CTYPE невозможно изменить после её создания.

23.2.1. Основные понятия

Концептуально, каждое выражение с типом данных, к которому применяется сортировка, имеет правила сортировки. (Встроенными сортируемыми типами данных являются `text`, `varchar`, и `char`. Типы, определяемые в базе пользователем, могут также быть отмечены как сортируемые, и, конечно, домен на основе сортируемого типа данных является сортируемым.) Если выражение содержит ссылку на столбец, правила сортировки выражения определяются правилами сортировки столбца. Если выражение — константа, правилами сортировки являются стандартные правила для типа данных константы. Правила сортировки более сложных выражений являются производной от правил сортировки входящих в него частей, как описано ниже.

Правилами сортировки выражения могут быть правила сортировки «по умолчанию», что означает использование параметров локали, установленных для базы данных. Также возможно, что правила сортировки выражения могут не определиться. В таких случаях операции упорядочивания и другие операции, для которых необходимы правила сортировки, завершатся с ошибкой.

Когда база данных должна выполнить упорядочивание или классификацию символов, она использует правила сортировки выполняемого выражения. Это происходит, к примеру, с предложениями `ORDER BY` и такими вызовами функций или операторов как `<`. Правила сортировки, которые применяются в предложении `ORDER BY`, это просто правила ключа сортировки. Правила сортировки, применяемые к вызову функции или оператора, определяются их параметрами, как описано ниже. В дополнение к операциям сравнения, правила сортировки учитываются функциями, преобразующими регистр символов, такими как `lower`, `upper`, и `initcap`; операторами поиска по шаблону; и функцией `to_char` и связанными с ней.

При вызове функции или оператора правило сортировки определяется в зависимости от того, какие правила заданы для аргументов во время выполнения данной операции. Если результатом вызова функции или оператора является сортируемый тип данных, правила сортировки также используются во время разбора как определяемые правила сортировки функции или выражения оператора, когда для внешнего выражения требуется знание правил сортировки.

Определение правил сортировки выражения может быть неявным или явным. Это отличие влияет на то, как комбинируются правила сортировки, когда несколько разных правил появляются в выражении. Явное определение правил сортировки возникает, когда используется предложение `COLLATE`; все прочие варианты являются неявными. Когда необходимо объединить несколько правил сортировки, например, в вызове функции, используются следующие правила:

1. Если для одного из выражений-аргументов правило сортировки определено явно, то и для других аргументов явно задаваемое правило должно быть тем же, иначе возникнет ошибка. В случае присутствия явного определения правила сортировки, оно становится результирующим для всей операции.
2. В противном случае все входные выражения должны иметь одни и те же неявно определяемые правила сортировки или правила сортировки по умолчанию. Если присутствуют какие- либо правила сортировки, отличные от заданных по умолчанию, получаем результат комбинации правил сортировки. Иначе результатом станут правила сортировки, заданные по умолчанию.
3. Если среди входных выражений есть конфликтующие неявные правила сортировки, отличные от заданных по умолчанию, тогда комбинация рассматривается как имеющая неопределённые правила сортировки. Это не является условием возникновения ошибки, если вызываемой конкретной функции не требуются данные о правилах сортировки, которые ей следует применить. Если же такие данные требуются, это приведёт к ошибке во время выполнения.

В качестве примера рассмотрим данное определение таблицы:

```
CREATE TABLE test1 (
    a text COLLATE "de_DE",
    b text COLLATE "es_ES",
    ...
);
```

Затем в

```
SELECT a < 'foo' FROM test1;
```

выполняется оператор сравнения `<` согласно правилам `de_DE`, так как выражение объединяет неявно определяемые правила сортировки с правилами, заданными по умолчанию. Но в

```
SELECT a < ('foo' COLLATE "fr_FR") FROM test1;
```

сравнение выполняется с помощью правил `fr_FR`, так как явное определение правил сортировки переопределяет неявное. Кроме того, в запросе

```
SELECT a < b FROM test1;
```

анализатор запросов не может определить, какое правило сортировки использовать, поскольку столбцы `a` и `b` имеют конфликтующие неявные правила сортировки. Так как оператору `<` требуется знать, какое правило использовать, это приведёт к ошибке. Ошибку можно устранить, применив явное указание правил сортировки к любому из двух входных выражений. Например:

```
SELECT a < b COLLATE "de_DE" FROM test1;
```

либо эквивалентное ему

```
SELECT a COLLATE "de_DE" < b FROM test1;
```

С другой стороны, следующее выражение схожей структуры

```
SELECT a || b FROM test1;
```

не приводит к ошибке, поскольку для оператора `||` правила сортировки не имеют значения, так как результат не зависит от сортировки.

Правила сортировки, назначенные функции или комбинации входных выражений оператора, также могут быть применены к функции или результату оператора, если функция или оператор возвращают результат сортируемого типа данных. Так, в

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || 'foo';
```

упорядочение будет происходить согласно правилам `de_DE`. Но данный запрос:

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || b;
```

приводит к ошибке, потому что, даже если оператору `||` не нужно знать правила сортировки, предложению `ORDER BY` это требуется. Как было сказано выше, конфликт может быть разрешён при помощи явного указания правил сортировки:

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || b COLLATE "fr_FR";
```

23.2.2. Управление правилами сортировки

Правила сортировки представляют собой объект схемы SQL, который сопоставляет SQL-имя с локалью, реализуемой библиотекой, установленной в операционной системе. В определении правила сортировки задаётся *провайдер*, то есть библиотека, реализующая правило сортировки. Стандартный провайдер с именем `libc` использует системную библиотеку C и предоставляет её локали. Именно эти локали используются большинством утилит операционной системы. Также есть провайдер `icu`, который использует внешнюю библиотеку ICU. Локали ICU можно использовать, только если поддержка ICU была включена в конфигурации сборки PostgreSQL.

Правило сортировки, предоставляемое провайдером `libc`, сопоставляется с комбинацией параметров `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`, которую может принять системный вызов `setlocale()`. (Основная цель правила сортировки — настроить параметр `LC_COLLATE`, который управляет упорядочиванием символов. Однако на практике редко требуется иметь значение `LC_CTYPE`, отличное от `LC_COLLATE`, поэтому удобнее объединить их в одну сущность, и не создавать отдельную инфраструктуру для указания `LC_CTYPE` в выражениях.) Правила сортировки `libc` также связаны с кодировкой набора символов (см. Раздел 23.3). Одно и то же имя правила сортировки может существовать для разных кодировок.

Объект правила сортировки, предоставляемой провайдером `icu`, сопоставляется с именованным сортировщиком, реализуемым библиотекой ICU. ICU не поддерживает различные характеристики «collate» и «ctype», так что они всегда совпадают. Кроме того, правила сортировки ICU не зависят от кодировки, так что в базе данных будет всего одно правило сортировки ICU с определённым именем.

23.2.2.1. Стандартные правила сортировки

На всех платформах доступны правила сортировки под названием `default`, `C`, и `POSIX`. Дополнительные правила сортировки могут быть доступны в зависимости от поддержки операционной системы. Правило сортировки `default` использует значения `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`, заданные при создании базы данных. Правила сортировки `C` и `POSIX` определяют поведение, характерное для «традиционного C», в котором только знаки кодировки ASCII от «`A`» до «`Z`» рассматриваются как буквы, и сортировка осуществляется строго по символьному коду байтов.

Для кодировки `UTF8` дополнительно поддерживается имя `ucs_basic`, определённое в стандарте SQL. Это правило сортировки равнозначно правилу `C` и производит сортировку по кодам символов Unicode.

23.2.2.2. Предопределённые правила сортировки

Если операционная система поддерживает использование нескольких локалей в одной программе (newlocale и связанные функции) или включена поддержка ICU, то при инициализации кластера баз данных программа initdb наполняет системный каталог pg_collation информацией обо всех локалях, которые обнаруживает в этот момент в операционной системе.

Для просмотра всех имеющихся локалей выполните запрос SELECT * FROM pg_collation или команду \dOS+ в psql.

23.2.2.2.1. Правила сортировки libc

Например, операционная система может предоставлять локаль с именем de_DE.utf8. При этом программа initdb создаст правило сортировки с именем de_DE.utf8 для кодировки UTF8, в котором LC_COLLATE и LC_CTYPE будут равны de_DE.utf8. Также будет создано правило сортировки с именем без метки .utf8 в окончании. Таким образом, вы можете использовать это правило под именем de_DE, которое будет компактнее и не будет зависеть от кодировки. Заметьте, что изначальный набор имён правил сортировки, тем не менее, является зависящим от платформы.

Стандартный набор правил сортировки, предоставляемый провайдером libc, сопоставляется непосредственно с локалями, установленными в операционной системе (их можно просмотреть с помощью команды locale -a). В случаях, когда у правила сортировки libc должны быть различные значения LC_COLLATE и LC_CTYPE, или когда в операционную систему после инициализации СУБД устанавливаются новые локали, создать новое правило сортировки можно с помощью команды CREATE COLLATION. Новые локали операционной системы можно также импортировать в массовом порядке, воспользовавшись функцией pg_import_system_collations().

В любой базе данных имеют значение только те правила сортировки, которые используют кодировку этой базы данных. Прочие записи в pg_collation игнорируются. Таким образом, усечённое имя правил сортировки, такое как de_DE, может считаться уникальным внутри данной базы данных, даже если бы оно не было уникальным глобально. Использование усечённого имени сортировки рекомендуется, так как при переходе на другую кодировку базы данных придётся выполнить на одно изменение меньше. Однако следует помнить, что правила сортировки default, C и POSIX можно использовать независимо от кодировки базы данных.

В PostgreSQL предполагается, что отдельные объекты правил сортировки несовместимы, даже когда они имеют идентичные свойства. Так, например,

```
SELECT a COLLATE "C" < b COLLATE "POSIX" FROM test1;
```

выведет сообщение об ошибке, несмотря на то, что поведение правил сортировки C и POSIX идентично. По этой причине смешивать усечённые и полные имена правил сортировки не рекомендуется.

23.2.2.2.2. Правила сортировки ICU

С ICU не представляется разумным перечислять все возможные имена локалей. ICU использует для локалей определённую схему именования, но имён локалей может быть гораздо больше, чем собственно различных локалей. Программа initdb, используя API ICU, извлекает список различных локалей и наполняет начальный набор правил в базе данных. Правила сортировки провайдера ICU создаются с именами, включающими метку языка в формате BCP 47 и указание расширения «для частного использования» (-x-icu), для отличия от локалей libc.

Например, могут быть созданы такие правила сортировки:

de-x-icu

Немецкое правило сортировки, стандартный вариант

de-AT-x-icu

Немецкое правило сортировки для Австрии, стандартный вариант

(Например, существуют правила de-DE-x-icu и de-CH-x-icu, но на момент написания документации они равнозначны правилу de-x-icu.)

und-x-icu («undefined», неопределённая)

«Корневое» правило сортировки ICU. Оно устанавливает разумный языконезависимый порядок сортировки.

Некоторые (редко используемые) кодировки не поддерживаются ICU. Когда база имеет одну из таких кодировок, записи правил сортировки ICU в pg_collation игнорируются. При попытке использовать их будет выдана ошибка с сообщением вида «правило сортировки "de-x-icu" для кодировки "WIN874" не существует».

23.2.2.3. Создание новых правил сортировки

Если стандартных и предопределённых правил сортировки недостаточно, пользователи могут создавать собственные правила сортировки, используя команду SQL CREATE COLLATION.

Стандартные и предопределённые правила сортировки находятся в схеме pg_catalog, как и все предопределённые объекты. Пользовательские правила сортировки должны создаваться в пользовательских схемах. Помимо прочего, это полезно тем, что их будет выгружать pg_dump.

23.2.2.3.1. Правила сортировки libc

Новые правила сортировки libc могут создаваться так:

```
CREATE COLLATION german (provider = libc, locale = 'de_DE');
```

Точные значения, которые могут допускаться в предложении locale в этой команде, зависят от операционной системы. В Unix-подобных системах их список выдаёт команда locale -a.

Так как предопределённый набор правил сортировки libc уже включает все правила сортировки, определённые в операционной системе в момент инициализации базы данных, необходимость создавать новые правила вручную обычно не возникает. Такая потребность может возникнуть, когда нужно сменить систему именования (в этом случае см. Подраздел 23.2.2.3.3) либо когда операционная система была обновлена и в ней появились новые определения локалей (в этом случае см. pg_import_system_collations()).

23.2.2.3.2. Правила сортировки ICU

ICU допускает видоизменения правил сортировки, не ограничивая пользователей наборами язык +страна, которые подготавливает initdb. Пользователи могут свободно создавать собственные объекты-правила сортировки, использующие предоставляемые средства для получения требуемых порядков сортировки. Информацию об именовании локалей ICU можно найти на страницах *https://unicode-org.github.io/icu/userguide/locale/* и *https://unicode-org.github.io/icu/userguide/collation/api.html*. Набор допустимых имён и атрибутов зависит от конкретной версии ICU.

Несколько примеров:

```
CREATE COLLATION "de-u-co-phonebk-x-icu" (provider = icu, locale = 'de-u-co-phonebk');
CREATE COLLATION "de-u-co-phonebk-x-icu" (provider = icu, locale = 'de@collation=phonebook');
```

Немецкое правило сортировки с порядком, принятым для телефонной книги

В первом примере локаль ICU выбирается по «метке языка» в формате BCP 47. Во втором примере используется традиционный принятый в ICU синтаксис имени. Первый вариант является более предпочтительным в перспективе, но он не поддерживается старыми версиями ICU.

Заметьте, что объекты-правила сортировки в среде SQL вы можете называть как угодно. В этом примере мы следуем стилю именования, который используется предопределёнными правилами, которые в свою очередь следуют BCP 47, но это не требуется для правил сортировки, определяемых пользователем.

```
CREATE COLLATION "und-u-co-emoji-x-icu" (provider = icu, locale = 'und-u-co-emoji');
CREATE COLLATION "und-u-co-emoji-x-icu" (provider = icu, locale = '@collation=emoji');
```

Корневое правило с сортировкой эмодзи, соответствующее техническому стандарту Unicode №51

Заметьте, что в традиционной системе именования локалей ICU корневая локаль выбирается пустой строкой.

```
CREATE COLLATION latinlast (provider = icu, locale = 'en-u-kr-grek-latn');
CREATE COLLATION latinlast (provider = icu, locale = 'en@colReorder=grek-latn');
```

Правило сортировки, с которым греческие буквы идут перед латинскими. (По умолчанию сначала идут латинские буквы.)

```
CREATE COLLATION upperfirst (provider = icu, locale = 'en-u-kf-upper');
CREATE COLLATION upperfirst (provider = icu, locale = 'en@colCaseFirst=upper');
```

Правило сортировки, с которым буквы в верхнем регистре идут перед буквами в нижнем. (По умолчанию сначала идут буквы в нижнем регистре.)

```
CREATE COLLATION special (provider = icu, locale = 'en-u-kf-upper-kr-grek-latn');
CREATE COLLATION special (provider = icu, locale = 
'en@colCaseFirst=upper;colReorder=grek-latn');
```

Правило, в котором сочетаются предыдущие свойства.

```
CREATE COLLATION numeric (provider = icu, locale = 'en-u-kn-true');
CREATE COLLATION numeric (provider = icu, locale = 'en@colNumeric=yes');
```

Числовая сортировка, с которой последовательности чисел упорядочиваются по числовому значению, например: `A-21` < `A-123` (также называется естественной сортировкой).

За подробностями обратитесь к описанию *Технического стандарта Unicode №35* и *BCP 47*. Список возможных типов сортировки (внутренняя метка `co`) можно найти в *репозитории CLDR*.

Заметьте, что хотя данная система позволяет создавать правила сортировки, которые «игнорируют регистр» или «игнорируют ударения» и тому подобное (используя ключ `ks`), чтобы такие правила действительно корректно игнорировали эти аспекты, они должны объявляться в `CREATE COLLATION` как не *детерминированные*; см. Подраздел 23.2.2.4. В противном случае строки, которые считаются равными согласно правилу сортировки, но не равны побайтово, будут сортироваться по своим байтовым значениям.

Примечание

ICU по природе своей принимает в качестве имени локали практическую любую строку и сопоставляет её с наиболее подходящей локалью, которую она может предоставить, следуя процедуре выбора, описанной в её документации. Таким образом, если указание правила сортировки будет составлено с использованием характеристик, которые данная инсталляция ICU на самом деле не поддерживает, непосредственно узнать об этом нельзя. Поэтому, чтобы убедиться, что определения правил сортировки соответствует требованиям, рекомендуется проверять поведение правил на уровне приложения.

23.2.2.3.3. Копирование правил сортировки

Команда CREATE COLLATION может также создать новое правило сортировки из существующего, что может быть полезно для использования имён, независимых от операционных систем, создания имён для совместимости или использования правил сортировки ICU под более понятными именами. Например:

```
CREATE COLLATION german FROM "de_DE";
CREATE COLLATION french FROM "fr-x-icu";
```

23.2.2.4. Недетерминированные правила сортировки

Правило сортировки может быть либо *детерминированным*, либо *недетерминированным*. С детерминированными правилами сортировки используются детерминированные сравнения, что означает, что сроки считаются равными, только если они состоят из одинаковой последовательности байтов. Недетерминированное же сравнение может признать равными строки, состоящие и из разных байтов. Обычно это требуется при сравнении без учёта регистра или ударения, а также при сравнении строк в различных нормальных формах Unicode. Как именно будут реализованы подобные сравнения, определяется провайдером правил сортировки; флаг детерминированности только отмечает, будет ли вопрос равенства решаться побайтовым сравнением. Подробнее сопутствующая терминология описывается в *Техническом стандарте Unicode 10*.

Чтобы создать недетерминированное правило сортировки, укажите свойство `deterministic = false` в команде `CREATE COLLATION`, например так:

```
CREATE COLLATION ndcoll (provider = icu, locale = 'und', deterministic = false);
```

В данном примере будет использоваться стандартное правило сортировки Unicode в недетерминированном режиме. В частности, это позволит корректно сравнивать строки в различных нормальных формах. Для более интересных применений задействуются специальные возможности ICU, рассмотренные выше. Например:

```
CREATE COLLATION case_insensitive (provider = icu, locale = 'und-u-ks-level2',
 deterministic = false);
CREATE COLLATION ignore_accents (provider = icu, locale = 'und-u-ks-level1-kc-true',
 deterministic = false);
```

Все стандартные и предопределённые правила сортировки являются детерминированными, и так же детерминированными по умолчанию создаются пользовательские правила. Недетерминированные правила сортировки обеспечивают более «правильное» поведение, особенно в части использования всех возможностей Unicode и обработки множества особых случаев, но они имеют и ряд недостатков. Прежде всего, их применение отрицательно сказывается на производительности. Заметьте в частности, что в B-деревьях с недетерминированным правилами не будет производиться исключение дубликатов. К тому же с недетерминированными правилами сортировки невозможны некоторые операции, например, поиск по шаблону. Поэтому применять их следует только тогда, когда в этом есть явная необходимость.

> **Подсказка**
>
> Для эффективной обработки текста в различных формах нормализации Unicode также можно использовать функции/выражения `normalize` и `is normalized`, позволяющие предварительно обработать или проверить строки, и не прибегать к использованию недетерминированных правил сортировки. Однако каждый подход имеет свои минусы.

23.3. Поддержка кодировок

Поддержка кодировок в PostgreSQL позволяет хранить текст в различных кодировках, включая однобайтовые кодировки, такие как входящие в семейство ISO 8859 и многобайтовые кодировки, такие как EUC (Extended Unix Code), UTF-8 и внутренний код Mule. Все поддерживаемые кодировки могут прозрачно использоваться клиентами, но некоторые не поддерживаются сервером (в качестве серверной кодировки). Кодировка по умолчанию выбирается при инициализации кластера базы данных PostgreSQL при помощи `initdb`. Она может быть переопределена при создании базы данных, что позволяет иметь несколько баз данных с разными кодировками.

Важным ограничением, однако, является то, что кодировка каждой базы данных должна быть совместима с параметрами локали базы данных `LC_CTYPE` (классификация символов) и `LC_COLLATE` (порядок сортировки строк). Для локали `C` или `POSIX` подойдёт любой набор символов, но для других локалей, предоставляемых библиотекой libc, есть только один набор символов, который будет работать правильно. (Однако в среде Windows кодировка UTF-8 может использоваться с любой локалью.) Если у вас включена поддержка ICU, локали, предоставляемые библиотекой ICU, можно использовать с большинством (но не всеми) кодировками на стороне сервера.

23.3.1. Поддерживаемые кодировки

Таблица 23.1 показывает кодировки, доступные для использования в PostgreSQL.

Таблица 23.1. Кодировки PostgreSQL

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байт на символ	Псевдонимы
BIG5	Big Five	Традиционные китайские иероглифы	Нет	Нет	1–2	WIN950, Windows950
EUC_CN	Extended UNIX Code-CN	Упрощённые китайские иероглифы	Да	Да	1–3	
EUC_JP	Extended UNIX Code-JP	Японский	Да	Да	1–3	
EUC_JIS_2004	Extended UNIX Code-JP, JIS X 0213	Японский	Да	Нет	1–3	
EUC_KR	Extended UNIX Code-KR	Корейский	Да	Да	1–3	
EUC_TW	Extended UNIX Code-TW	Традиционные китайские иероглифы, тайваньский	Да	Да	1–4	
GB18030	Национальный стандарт	Китайский	Нет	Нет	1–4	
GBK	Расширенный национальный стандарт	Упрощённые китайские иероглифы	Нет	Нет	1–2	WIN936, Windows936
ISO_8859_5	ISO 8859-5, ECMA 113	Латинский/Кириллица	Да	Да	1	
ISO_8859_6	ISO 8859-6, ECMA 114	Латинский/Арабский	Да	Да	1	
ISO_8859_7	ISO 8859-7, ECMA 118	Латинский/Греческий	Да	Да	1	
ISO_8859_8	ISO 8859-8, ECMA 121	Латинский/Иврит	Да	Да	1	
JOHAB	JOHAB	Корейский (Хангыль)	Нет	Нет	1–3	
KOI8R	KOI8-R	Кириллица (Русский)	Да	Да	1	KOI8
KOI8U	KOI8-U	Кириллица (Украинский)	Да	Да	1	
LATIN1	ISO 8859-1, ECMA 94	Западноевропейские	Да	Да	1	ISO88591

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байт на символ	Псевдонимы
`LATIN2`	ISO 8859-2, ECMA 94	Центральноевропейские	Да	Да	1	`ISO88592`
`LATIN3`	ISO 8859-3, ECMA 94	Южноевропейские	Да	Да	1	`ISO88593`
`LATIN4`	ISO 8859-4, ECMA 94	Североевропейские	Да	Да	1	`ISO88594`
`LATIN5`	ISO 8859-9, ECMA 128	Турецкий	Да	Да	1	`ISO88599`
`LATIN6`	ISO 8859-10, ECMA 144	Скандинавские	Да	Да	1	`ISO885910`
`LATIN7`	ISO 8859-13	Балтийские	Да	Да	1	`ISO885913`
`LATIN8`	ISO 8859-14	Кельтские	Да	Да	1	`ISO885914`
`LATIN9`	ISO 8859-15	LATIN1 со знаком евро и диакритическими знаками	Да	Да	1	`ISO885915`
`LATIN10`	ISO 8859-16, ASRO SR 14111	Румынский	Да	Нет	1	`ISO885916`
`MULE_INTERNAL`	Внутренний код Mule	Мультиязычный редактор Emacs	Да	Нет	1–4	
`SJIS`	Shift JIS	Японский	Нет	Нет	1–2	`Mskanji`, `ShiftJIS`, `WIN932`, `Windows932`
`SHIFT_JIS_2004`	Shift JIS, JIS X 0213	Японский	Нет	Нет	1–2	
`SQL_ASCII`	не указан (см. текст)	*any*	Да	Нет	1	
`UHC`	Унифицированный код Хангыль	Корейский	Нет	Нет	1–2	`WIN949`, `Windows949`
`UTF8`	Unicode, 8-bit	*все*	Да	Да	1–4	`Unicode`
`WIN866`	Windows CP866	Кириллица	Да	Да	1	`ALT`
`WIN874`	Windows CP874	Тайский	Да	Нет	1	
`WIN1250`	Windows CP1250	Центральноевропейские	Да	Да	1	
`WIN1251`	Windows CP1251	Кириллица	Да	Да	1	`WIN`
`WIN1252`	Windows CP1252	Западноевропейские	Да	Да	1	

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байт на символ	Псевдонимы
WIN1253	Windows CP1253	Греческий	Да	Да	1	
WIN1254	Windows CP1254	Турецкий	Да	Да	1	
WIN1255	Windows CP1255	Иврит	Да	Да	1	
WIN1256	Windows CP1256	Арабский	Да	Да	1	
WIN1257	Windows CP1257	Балтийские	Да	Да	1	
WIN1258	Windows CP1258	Вьетнамский	Да	Да	1	ABC, TCVN, TCVN5712, VSCII

Не все клиентские API поддерживают все перечисленные кодировки. Например, драйвер интерфейса JDBC PostgreSQL не поддерживает MULE_INTERNAL, LATIN6, LATIN8 и LATIN10.

Поведение кодировки SQL_ASCII существенно отличается от других. Когда набором символов сервера является SQL_ASCII, сервер интерпретирует байтовые значения 0–127 согласно кодировке ASCII, тогда как значения 128–255 воспринимаются как незначимые. Перекодировка не будет выполнена при выборе SQL_ASCII. Таким образом, этот вариант является не столько объявлением того, что используется определённая кодировка, сколько объявлением того, что кодировка игнорируется. В большинстве случаев, если вы работаете с любыми данными, отличными от ASCII, не стоит использовать SQL_ASCII, так как PostgreSQL не сможет преобразовать или проверить символы, отличные от ASCII.

23.3.2. Настройка кодировки

initdb определяет кодировку по умолчанию для кластера PostgreSQL. Например,

```
initdb -E EUC_JP
```

настраивает кодировку по умолчанию на EUC_JP (Расширенная система кодирования для японского языка). Можно использовать --encoding вместо -E в случае предпочтения более длинных имён параметров. Если параметр -E или --encoding не задан, initdb пытается определить подходящую кодировку в зависимости от указанной или заданной по умолчанию локали.

При создании базы данных можно указать кодировку, отличную от заданной по умолчанию, если эта кодировка совместима с выбранной локалью:

```
createdb -E EUC_KR -T template0 --lc-collate=ko_KR.euckr --lc-ctype=ko_KR.euckr korean
```

Это создаст базу данных с именем korean, которая использует кодировку EUC_KR и локаль ko_KR. Также, получить желаемый результат можно с помощью данной SQL-команды:

```
CREATE DATABASE korean WITH ENCODING 'EUC_KR' LC_COLLATE='ko_KR.euckr'
 LC_CTYPE='ko_KR.euckr' TEMPLATE=template0;
```

Заметьте, что приведённые выше команды задают копирование базы данных template0. При копировании любой другой базы данных, параметры локали и кодировку исходной базы изменить нельзя, так как это может привести к искажению данных. Более подробное описание приведено в Разделе 22.3.

Кодировка базы данных хранится в системном каталоге pg_database. Её можно увидеть при помощи параметра psql -l или команды \l.

```
$ psql -l
```

```
                                     List of databases
   Name     |  Owner    | Encoding  |  Collation  |    Ctype    |          Access
 Privileges
-----------+----------+-----------+-------------+-------------
+-------------------------------------
 clocaledb | hlinnaka | SQL_ASCII | C           | C           |
 englishdb | hlinnaka | UTF8      | en_GB.UTF8  | en_GB.UTF8  |
 japanese  | hlinnaka | UTF8      | ja_JP.UTF8  | ja_JP.UTF8  |
 korean    | hlinnaka | EUC_KR    | ko_KR.euckr | ko_KR.euckr |
 postgres  | hlinnaka | UTF8      | fi_FI.UTF8  | fi_FI.UTF8  |
 template0 | hlinnaka | UTF8      | fi_FI.UTF8  | fi_FI.UTF8  | {=c/
hlinnaka,hlinnaka=CTc/hlinnaka}
 template1 | hlinnaka | UTF8      | fi_FI.UTF8  | fi_FI.UTF8  | {=c/
hlinnaka,hlinnaka=CTc/hlinnaka}
(7 rows)
```

Важно

На большинстве современных операционных систем PostgreSQL может определить, какая кодировка подразумевается параметром `LC_CTYPE`, что обеспечит использование только соответствующей кодировки базы данных. На более старых системах необходимо самостоятельно следить за тем, чтобы использовалась кодировка, соответствующая выбранной языковой среде. Ошибка в этой области, скорее всего, приведёт к странному поведению зависимых от локали операций, таких как сортировка.

PostgreSQL позволит суперпользователям создавать базы данных с кодировкой `SQL_ASCII`, даже когда значение `LC_CTYPE` не установлено в `C` или `POSIX`. Как было сказано выше, `SQL_ASCII` не гарантирует, что данные, хранящиеся в базе, имеют определённую кодировку, и таким образом, этот выбор чреват сбоями, связанными с локалью. Использование данной комбинации устарело и, возможно, будет полностью запрещено.

23.3.3. Автоматическая перекодировка между сервером и клиентом

PostgreSQL поддерживает автоматическое перекодирование символов между сервером и клиентов для многих сочетаний кодировок (они перечисляются в Подразделе 23.3.4).

Чтобы включить автоматическую перекодировку символов, необходимо сообщить PostgreSQL кодировку, которую вы хотели бы использовать на стороне клиента. Это можно выполнить несколькими способами:

- Использование команды `\encoding` в psql. `\encoding` позволяет оперативно изменять клиентскую кодировку. Например, чтобы изменить кодировку на `SJIS`, введите:

  ```
  \encoding SJIS
  ```

- libpq (Раздел 33.10) имеет функции, для управления клиентской кодировкой.
- Использование `SET client_encoding TO`. Клиентская кодировка устанавливается следующей SQL-командой:

  ```
  SET CLIENT_ENCODING TO 'value';
  ```

  Также, для этой цели можно использовать стандартный синтаксис SQL `SET NAMES`:

  ```
  SET NAMES 'value';
  ```

  Получить текущую клиентскую кодировку:

  ```
  SHOW client_encoding;
  ```

  Вернуть кодировку по умолчанию:

```
RESET client_encoding;
```

- Использование `PGCLIENTENCODING`. Если установлена переменная окружения `PGCLIENTENCODING`, то эта клиентская кодировка выбирается автоматически при подключении к серверу. (В дальнейшем это может быть переопределено при помощи любого из методов, указанных выше.)
- Использование переменной конфигурации client_encoding. Если задана переменная `client_encoding`, указанная клиентская кодировка выбирается автоматически при подключении к серверу. (В дальнейшем это может быть переопределено при помощи любого из методов, указанных выше.)

Если перекодировка определённого символа невозможна (предположим, выбраны `EUC_JP` для сервера и `LATIN1` для клиента, и передаются некоторые японские иероглифы, не представленные в `LATIN1`), возникает ошибка.

Если клиентская кодировка определена как `SQL_ASCII`, перекодировка отключается вне зависимости от кодировки сервера. (Однако если серверная кодировка отлична от `SQL_ASCII`, сервер будет тем не менее проверять, что входящие данные являются допустимыми для его кодировки; поэтому итоговый результат будет тем же, что и при совпадении клиентской кодировки с серверной.) На сервере же использовать кодировку `SQL_ASCII` неразумно, кроме случаев, когда все ваши данные полностью вписываются в ASCII.

23.3.4. Возможные перекодировки наборов символов

PostgreSQL поддерживает перекодирование между любыми двумя наборами символов, для которых в системном каталоге `pg_conversion` присутствует функция перекодирования. PostgreSQL включает несколько предопределённых перекодировок, сведённых в Таблице 23.2 и описанных подробнее в Таблице 23.3. Кроме этого, есть возможность создать новую перекодировку, используя SQL-команду CREATE CONVERSION. (Чтобы она использовалась для автоматического перекодирования текста между сервером и клиентом, она должна быть помечена как перекодировка «по умолчанию» для своей пары кодировок.)

Таблица 23.2. Встроенные клиент-серверные перекодировки наборов символов

Серверная кодировка	Доступные клиентские кодировки
BIG5	*не поддерживается как серверная кодировка*
EUC_CN	*EUC_CN*, MULE_INTERNAL, UTF8
EUC_JP	*EUC_JP*, MULE_INTERNAL, SJIS, UTF8
EUC_JIS_2004	*EUC_JIS_2004*, SHIFT_JIS_2004, UTF8
EUC_KR	*EUC_KR*, MULE_INTERNAL, UTF8
EUC_TW	*EUC_TW*, BIG5, MULE_INTERNAL, UTF8
GB18030	*не поддерживается как серверная кодировка*
GBK	*не поддерживается как серверная кодировка*
ISO_8859_5	*ISO_8859_5*, KOI8R, MULE_INTERNAL, UTF8, WIN866, WIN1251
ISO_8859_6	*ISO_8859_6*, UTF8
ISO_8859_7	*ISO_8859_7*, UTF8
ISO_8859_8	*ISO_8859_8*, UTF8
JOHAB	*не поддерживается как серверная кодировка*
KOI8R	*KOI8R*, ISO_8859_5, MULE_INTERNAL, UTF8, WIN866, WIN1251
KOI8U	*KOI8U*, UTF8
LATIN1	*LATIN1*, MULE_INTERNAL, UTF8

Серверная кодировка	Доступные клиентские кодировки
LATIN2	*LATIN2*, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN1250
LATIN3	*LATIN3*, MULE_INTERNAL , UTF8
LATIN4	*LATIN4*, MULE_INTERNAL , UTF8
LATIN5	*LATIN5*, UTF8
LATIN6	*LATIN6*, UTF8
LATIN7	*LATIN7*, UTF8
LATIN8	*LATIN8*, UTF8
LATIN9	*LATIN9*, UTF8
LATIN10	*LATIN10*, UTF8
MULE_INTERNAL	*MULE_INTERNAL*, BIG5, EUC_CN , EUC_JP , EUC_KR , EUC_TW , ISO_8859_5 , KOI8R, LATIN1 to LATIN4, SJIS, WIN866, WIN1250, WIN1251
SJIS	*не поддерживается как серверная кодировка*
SHIFT_JIS_2004	*не поддерживается как серверная кодировка*
SQL_ASCII	*любая (перекодировка не будет выполнена)*
UHC	*не поддерживается как серверная кодировка*
UTF8	*все поддерживаемые кодировки*
WIN866	*WIN866*, ISO_8859_5 , KOI8R, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN1251
WIN874	*WIN874*, UTF8
WIN1250	*WIN1250*, LATIN2, MULE_INTERNAL , UTF8
WIN1251	*WIN1251*, ISO_8859_5 , KOI8R, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN866
WIN1252	*WIN1252*, UTF8
WIN1253	*WIN1253*, UTF8
WIN1254	*WIN1254*, UTF8
WIN1255	*WIN1255*, UTF8
WIN1256	*WIN1256*, UTF8
WIN1257	*WIN1257*, UTF8
WIN1258	*WIN1258*, UTF8

Таблица 23.3. Все встроенные перекодировки наборов символов

Имя преобразования [a]	Исходная кодировка	Целевая кодировка
big5_to_euc_tw	BIG5	EUC_TW
big5_to_mic	BIG5	MULE_INTERNAL
big5_to_utf8	BIG5	UTF8
euc_cn_to_mic	EUC_CN	MULE_INTERNAL
euc_cn_to_utf8	EUC_CN	UTF8
euc_jp_to_mic	EUC_JP	MULE_INTERNAL
euc_jp_to_sjis	EUC_JP	SJIS
euc_jp_to_utf8	EUC_JP	UTF8
euc_kr_to_mic	EUC_KR	MULE_INTERNAL
euc_kr_to_utf8	EUC_KR	UTF8

Имя преобразования [a]	**Исходная кодировка**	**Целевая кодировка**
euc_tw_to_big5	EUC_TW	BIG5
euc_tw_to_mic	EUC_TW	MULE_INTERNAL
euc_tw_to_utf8	EUC_TW	UTF8
gb18030_to_utf8	GB18030	UTF8
gbk_to_utf8	GBK	UTF8
iso_8859_10_to_utf8	LATIN6	UTF8
iso_8859_13_to_utf8	LATIN7	UTF8
iso_8859_14_to_utf8	LATIN8	UTF8
iso_8859_15_to_utf8	LATIN9	UTF8
iso_8859_16_to_utf8	LATIN10	UTF8
iso_8859_1_to_mic	LATIN1	MULE_INTERNAL
iso_8859_1_to_utf8	LATIN1	UTF8
iso_8859_2_to_mic	LATIN2	MULE_INTERNAL
iso_8859_2_to_utf8	LATIN2	UTF8
iso_8859_2_to_windows_1250	LATIN2	WIN1250
iso_8859_3_to_mic	LATIN3	MULE_INTERNAL
iso_8859_3_to_utf8	LATIN3	UTF8
iso_8859_4_to_mic	LATIN4	MULE_INTERNAL
iso_8859_4_to_utf8	LATIN4	UTF8
iso_8859_5_to_koi8_r	ISO_8859_5	KOI8R
iso_8859_5_to_mic	ISO_8859_5	MULE_INTERNAL
iso_8859_5_to_utf8	ISO_8859_5	UTF8
iso_8859_5_to_windows_1251	ISO_8859_5	WIN1251
iso_8859_5_to_windows_866	ISO_8859_5	WIN866
iso_8859_6_to_utf8	ISO_8859_6	UTF8
iso_8859_7_to_utf8	ISO_8859_7	UTF8
iso_8859_8_to_utf8	ISO_8859_8	UTF8
iso_8859_9_to_utf8	LATIN5	UTF8
johab_to_utf8	JOHAB	UTF8
koi8_r_to_iso_8859_5	KOI8R	ISO_8859_5
koi8_r_to_mic	KOI8R	MULE_INTERNAL
koi8_r_to_utf8	KOI8R	UTF8
koi8_r_to_windows_1251	KOI8R	WIN1251
koi8_r_to_windows_866	KOI8R	WIN866
koi8_u_to_utf8	KOI8U	UTF8
mic_to_big5	MULE_INTERNAL	BIG5
mic_to_euc_cn	MULE_INTERNAL	EUC_CN
mic_to_euc_jp	MULE_INTERNAL	EUC_JP
mic_to_euc_kr	MULE_INTERNAL	EUC_KR
mic_to_euc_tw	MULE_INTERNAL	EUC_TW

Имя преобразования [a]	Исходная кодировка	Целевая кодировка
mic_to_iso_8859_1	MULE_INTERNAL	LATIN1
mic_to_iso_8859_2	MULE_INTERNAL	LATIN2
mic_to_iso_8859_3	MULE_INTERNAL	LATIN3
mic_to_iso_8859_4	MULE_INTERNAL	LATIN4
mic_to_iso_8859_5	MULE_INTERNAL	ISO_8859_5
mic_to_koi8_r	MULE_INTERNAL	KOI8R
mic_to_sjis	MULE_INTERNAL	SJIS
mic_to_windows_1250	MULE_INTERNAL	WIN1250
mic_to_windows_1251	MULE_INTERNAL	WIN1251
mic_to_windows_866	MULE_INTERNAL	WIN866
sjis_to_euc_jp	SJIS	EUC_JP
sjis_to_mic	SJIS	MULE_INTERNAL
sjis_to_utf8	SJIS	UTF8
windows_1258_to_utf8	WIN1258	UTF8
uhc_to_utf8	UHC	UTF8
utf8_to_big5	UTF8	BIG5
utf8_to_euc_cn	UTF8	EUC_CN
utf8_to_euc_jp	UTF8	EUC_JP
utf8_to_euc_kr	UTF8	EUC_KR
utf8_to_euc_tw	UTF8	EUC_TW
utf8_to_gb18030	UTF8	GB18030
utf8_to_gbk	UTF8	GBK
utf8_to_iso_8859_1	UTF8	LATIN1
utf8_to_iso_8859_10	UTF8	LATIN6
utf8_to_iso_8859_13	UTF8	LATIN7
utf8_to_iso_8859_14	UTF8	LATIN8
utf8_to_iso_8859_15	UTF8	LATIN9
utf8_to_iso_8859_16	UTF8	LATIN10
utf8_to_iso_8859_2	UTF8	LATIN2
utf8_to_iso_8859_3	UTF8	LATIN3
utf8_to_iso_8859_4	UTF8	LATIN4
utf8_to_iso_8859_5	UTF8	ISO_8859_5
utf8_to_iso_8859_6	UTF8	ISO_8859_6
utf8_to_iso_8859_7	UTF8	ISO_8859_7
utf8_to_iso_8859_8	UTF8	ISO_8859_8
utf8_to_iso_8859_9	UTF8	LATIN5
utf8_to_johab	UTF8	JOHAB
utf8_to_koi8_r	UTF8	KOI8R
utf8_to_koi8_u	UTF8	KOI8U
utf8_to_sjis	UTF8	SJIS

Имя преобразования [a]	Исходная кодировка	Целевая кодировка
utf8_to_windows_1258	UTF8	WIN1258
utf8_to_uhc	UTF8	UHC
utf8_to_windows_1250	UTF8	WIN1250
utf8_to_windows_1251	UTF8	WIN1251
utf8_to_windows_1252	UTF8	WIN1252
utf8_to_windows_1253	UTF8	WIN1253
utf8_to_windows_1254	UTF8	WIN1254
utf8_to_windows_1255	UTF8	WIN1255
utf8_to_windows_1256	UTF8	WIN1256
utf8_to_windows_1257	UTF8	WIN1257
utf8_to_windows_866	UTF8	WIN866
utf8_to_windows_874	UTF8	WIN874
windows_1250_to_iso_8859_2	WIN1250	LATIN2
windows_1250_to_mic	WIN1250	MULE_INTERNAL
windows_1250_to_utf8	WIN1250	UTF8
windows_1251_to_iso_8859_5	WIN1251	ISO_8859_5
windows_1251_to_koi8_r	WIN1251	KOI8R
windows_1251_to_mic	WIN1251	MULE_INTERNAL
windows_1251_to_utf8	WIN1251	UTF8
windows_1251_to_windows_866	WIN1251	WIN866
windows_1252_to_utf8	WIN1252	UTF8
windows_1256_to_utf8	WIN1256	UTF8
windows_866_to_iso_8859_5	WIN866	ISO_8859_5
windows_866_to_koi8_r	WIN866	KOI8R
windows_866_to_mic	WIN866	MULE_INTERNAL
windows_866_to_utf8	WIN866	UTF8
windows_866_to_windows_1251	WIN866	WIN
windows_874_to_utf8	WIN874	UTF8
euc_jis_2004_to_utf8	EUC_JIS_2004	UTF8
utf8_to_euc_jis_2004	UTF8	EUC_JIS_2004
shift_jis_2004_to_utf8	SHIFT_JIS_2004	UTF8
utf8_to_shift_jis_2004	UTF8	SHIFT_JIS_2004
euc_jis_2004_to_shift_jis_2004	EUC_JIS_2004	SHIFT_JIS_2004
shift_jis_2004_to_euc_jis_2004	SHIFT_JIS_2004	EUC_JIS_2004

[a] Имена преобразований следуют стандартной схеме именования. К официальному названию исходной кодировки, в котором все не алфавитно-цифровые символы заменяются подчёркиваниями, добавляется `_to_`, а за ним аналогично подготовленное имя целевой кодировки. Таким образом, эти имена иногда не совпадают буквально с общепринятыми названиями, показанными в Таблице 23.1.

23.3.5. Дополнительные источники информации

Рекомендуемые источники для начала изучения различных видов систем кодирования.

Обработка информации на китайском, японском, корейском & вьетнамском языках.

Содержит подробные объяснения по `EUC_JP`, `EUC_CN`, `EUC_KR`, `EUC_TW`.

https://www.unicode.org/

Сайт Unicode Consortium.

RFC 3629

UTF-8 (формат преобразования 8-битного UCS/Unicode) определён здесь.

Глава 24. Регламентные задачи обслуживания базы данных

Как и в любой СУБД, в PostgreSQL для достижения оптимальной производительности нужно регулярно выполнять определённые процедуры. Задачи, которые рассматриваются в этой главе, являются *обязательными*, но они по природе своей повторяющиеся и легко поддаются автоматизации с использованием стандартных средств, таких как задания cron или Планировщика задач в Windows. Создание соответствующих заданий и контроль над их успешным выполнением входят в обязанности администратора базы данных.

Одной из очевидных задач обслуживания СУБД является регулярное создание резервных копий данных. При отсутствии свежей резервной копии у вас не будет шанса восстановить систему после катастрофы (сбой диска, пожар, удаление важной таблицы по ошибке и т. д.). Механизмы резервного копирования и восстановления в PostgreSQL детально рассматриваются в Главе 25.

Другое важное направление обслуживания СУБД — периодическая «очистка» базы данных. Эта операция рассматривается в Разделе 24.1. С ней тесно связано обновление статистики, которая будет использоваться планировщиком запросов; оно рассматривается в Подразделе 24.1.3.

Ещё одной задачей, требующей периодического выполнения, является управление файлами журнала. Она рассматривается в Разделе 24.3.

Для контроля состояния базы данных и для отслеживания нестандартных ситуаций можно использовать *check_postgres*. Скрипт check_postgres можно интегрировать с Nagios и MRTG, однако он может работать и самостоятельно.

По сравнению с некоторыми другими СУБД PostgreSQL неприхотлив в обслуживании. Тем не менее должное внимание к вышеперечисленным задачам будет значительно способствовать комфортной и производительной работе с СУБД.

24.1. Регламентная очистка

Базы данных PostgreSQL требуют периодического проведения процедуры обслуживания, которая называется *очисткой*. Во многих случаях очистку достаточно выполнять с помощью *демона автоочистки*, который описан в Подразделе 24.1.6. Возможно, в вашей ситуации для получения оптимальных результатов потребуется настроить описанные там же параметры автоочистки. Некоторые администраторы СУБД могут дополнить или заменить действие этого демона командами `VACUUM` (обычно они выполняются по расписанию в заданиях cron или Планировщика задач). Чтобы правильно организовать очистку вручную, необходимо понимать темы, которые будут рассмотрены в следующих подразделах. Администраторы, которые полагаются на автоочистку, возможно, всё же захотят просмотреть этот материал, чтобы лучше понимать и настраивать эту процедуру.

24.1.1. Основные принципы очистки

Команды VACUUM в PostgreSQL должны обрабатывать каждую таблицу по следующим причинам:

1. Для высвобождения или повторного использования дискового пространства, занятого изменёнными или удалёнными строками.
2. Для обновления статистики по данным, используемой планировщиком запросов PostgreSQL.
3. Для обновления карты видимости, которая ускоряет сканирование только индекса.
4. Для предотвращения потери очень старых данных из-за зацикливания идентификаторов *транзакций* или *мультитранзакций*.

Разные причины диктуют выполнение действий `VACUUM` с разной частотой и в разном объёме, как рассматривается в следующих подразделах.

Существует два варианта `VACUUM`: обычный `VACUUM` и `VACUUM FULL`. Команда `VACUUM FULL` может высвободить больше дискового пространства, однако работает медленнее. Кроме того, обычная команда VACUUM может выполняться параллельно с использованием производственной базы данных. (При этом такие команды как SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE будут выполняться нормально, хотя нельзя будет изменить определение таблицы командами типа ALTER TABLE.) Команда VACUUM FULL требует блокировки обрабатываемой таблицы в режиме ACCESS EXCLUSIVE и поэтому не может выполняться параллельно с другими операциями с этой таблицей. По этой причине администраторы, как правило, должны стараться использовать обычную команду VACUUM и избегать VACUUM FULL.

Команда VACUUM порождает существенный объём трафика ввода/вывода, который может стать причиной низкой производительности в других активных сеансах. Это влияние фоновой очистки можно регулировать, настраивая параметры конфигурации (см. Подраздел 19.4.4).

24.1.2. Высвобождение дискового пространства

В PostgreSQL команды UPDATE или DELETE не вызывают немедленного удаления старой версии изменяемых строк. Этот подход необходим для реализации эффективного многоверсионного управления конкурентным доступом (MVCC, см. Главу 13): версия строки не должна удаляться до тех пор, пока она остаётся потенциально видимой для других транзакций. Однако в конце концов устаревшая или удалённая версия строки оказывается не нужна ни одной из транзакций. После этого занимаемое ей место должно быть освобождено и может быть отдано новым строкам, во избежание неограниченного роста потребности в дисковом пространстве. Это происходит при выполнении команды VACUUM.

Обычная форма VACUUM удаляет неиспользуемые версии строк в таблицах и индексах и помечает пространство свободным для дальнейшего использования. Однако это дисковое пространство не возвращается операционной системе, кроме особого случая, когда полностью освобождаются одна или несколько страниц в конце таблицы и можно легко получить исключительную блокировку таблицы. Команда VACUUM FULL, напротив, кардинально сжимает таблицы, записывая абсолютно новую версию файла таблицы без неиспользуемого пространства. Это минимизирует размер таблицы, однако может занять много времени. Кроме того, для этого требуется больше места на диске для записи новой копии таблицы до завершения операции.

Обычно цель регулярной очистки — выполнять простую очистку (VACUUM) достаточно часто, чтобы не возникала необходимость в VACUUM FULL. Демон автоочистки пытается работать в этом режиме, и на самом деле он сам никогда не выполняет VACUUM FULL. Основная идея такого подхода не в том, чтобы минимизировать размер таблиц, а в том, чтобы поддерживать использование дискового пространства на стабильном уровне: каждая таблица занимает объём, равный её минимальному размеру, плюс объём, который был занят между процедурами очистки. Хотя с помощью VACUUM FULL можно сжать таблицу до минимума и возвратить дисковое пространство операционной системе, большого смысла в этом нет, если в будущем таблица так же вырастет снова. Следовательно, для активно изменяемых таблиц лучше с умеренной частотой выполнять VACUUM, чем очень редко выполнять VACUUM FULL.

Некоторые администраторы предпочитают планировать очистку БД самостоятельно, например, проводя все работы ночью в период низкой загрузки. Однако очистка только по фиксированному расписанию плоха тем, что при резком скачке интенсивности изменений раздувание таблицы может привести к тому, что для высвобождения пространства действительно понадобится выполнить VACUUM FULL. Использование демона автоочистки снимает эту проблему, поскольку он планирует очистку динамически, отслеживая интенсивность изменений. Полностью отключать этот демон может иметь смысл, только если вы имеете дело с предельно предсказуемой загрузкой. Возможен и компромиссный вариант — настроить параметры демона автоочистки так, чтобы он реагировал только на необычайно высокую интенсивность изменений и мог удержать ситуацию под контролем, в то время как команды VACUUM, запускаемые по расписанию, будут выполнять основную работу в периоды нормальной загрузки.

Если же автоочистка не применяется, обычно планируется выполнение VACUUM для всей базы данных раз в сутки в период низкой активности, и в случае необходимости оно дополняется более частой очисткой интенсивно изменяемых таблиц. (В некоторых ситуациях, когда изменения производятся крайне интенсивно, самые востребованные таблицы могут очищаться раз в несколько минут.) Если в вашем кластере несколько баз данных, не забывайте выполнять VACUUM для каждой из них; при этом может быть полезна программа vacuumdb.

> **Подсказка**
>
> Результат обычного VACUUM может быть неудовлетворительным, когда вследствие массового изменения или удаления строк в таблице оказывается много мёртвых версий строк. Если у вас есть такая таблица и вам нужно освободить лишнее пространство, которое она занимает, используйте команду VACUUM FULL или, в качестве альтернативы, CLUSTER или один из вариантов ALTER TABLE, выполняющий перезапись таблицы. Эти команды записывают абсолютно новую копию таблицы и строят для неё индексы. Все эти варианты требуют блокировки в режиме ACCESS EXCLUSIVE. Заметьте, что они также на время требуют дополнительного пространства на диске в объёме, приблизительно равном размеру таблицы, поскольку старые копии таблицы и индексов нельзя удалить до завершения создания новых копий.

> **Подсказка**
>
> Если у вас есть таблица, всё содержимое которой периодически нужно удалять, имеет смысл делать это, выполняя только TRUNCATE, а не DELETE и затем VACUUM. TRUNCATE немедленно удаляет всё содержимое таблицы, не требуя последующей очистки (VACUUM или VACUUM FULL) для высвобождения неиспользуемого дискового пространства. Недостатком такого подхода является нарушение строгой семантики MVCC.

24.1.3. Обновление статистики планировщика

Планировщик запросов в PostgreSQL, выбирая эффективные планы запросов, полагается на статистическую информацию о содержимом таблиц. Эта статистика собирается командой ANALYZE, которая может вызываться сама по себе или как дополнительное действие команды VACUUM. Статистика должна быть достаточно точной, так как в противном случае неудачно выбранные планы запросов могут снизить производительность базы данных.

Демон автоочистки, если он включён, будет автоматически выполнять ANALYZE после существенных изменений содержимого таблицы. Однако администраторы могут предпочесть выполнение ANALYZE вручную, в частности, если известно, что производимые в таблице изменения не повлияют на статистику по «интересным» столбцам. Демон же планирует выполнение ANALYZE в зависимости только от количества вставленных или изменённых строк; он не знает, приведут ли они к значимым изменениям статистики.

Изменение кортежей в дочерних таблицах и секциях не считается поводом для запуска анализа родительской таблицы. Если родительская таблица пуста или изменяется редко, процесс автоочистки может никогда не затронуть её и статистика иерархии наследования собираться не будет. Поэтому необходимо выполнять ANALYZE для родительской таблицы вручную, чтобы поддерживать статистику в актуальном состоянии.

Как и процедура очистки для высвобождения пространства, частое обновление статистики полезнее для интенсивно изменяемых таблиц, нежели для тех таблиц, которые изменяются редко. Однако даже в случае часто изменяемой таблицы обновление статистики может не требоваться, если статистическое распределение данных меняется слабо. Как правило, достаточно оценить, насколько меняются максимальное и минимальное значения в столбцах таблицы. Например, максимальное значение в столбце timestamp, хранящем время изменения строки, будет постоянно увеличиваться по мере добавления и изменения строк; для такого столбца может потребоваться более частое обновление статистики, чем, к примеру, для столбца, содержащего адреса страниц (URL), которые запрашивались с сайта. Столбец с URL-адресами может меняться столь же часто, однако статистическое распределение его значений, вероятно, будет изменяться относительно медленно.

Команду ANALYZE можно выполнять для отдельных таблиц и даже просто для отдельных столбцов таблицы, поэтому, если того требует приложение, одни статистические данные можно обновлять чаще, чем другие. Однако на практике обычно лучше просто анализировать всю базу данных, поскольку это быстрая операция, так как ANALYZE читает не каждую отдельную строку, а статистически случайную выборку строк таблицы.

Подсказка

Хотя индивидуальная настройка частоты ANALYZE для отдельных столбцов может быть не очень полезной, смысл может иметь настройка детализации статистики, собираемой командой ANALYZE. Для столбцов, которые часто используются в предложениях WHERE, и имеют очень неравномерное распределение данных, может потребоваться более детальная, по сравнению с другими столбцами, гистограмма данных. В таких случаях можно воспользоваться командой ALTER TABLE SET STATISTICS или изменить значение по умолчанию параметра уровня БД default_statistics_target.

Кроме того, по умолчанию информация об избирательности функций ограничена. Однако если вы создаёте индекс по выражению с вызовом функции, об этой функции будет собрана полезная статистическая информация, которая может значительно улучшить планы запросов, в которых используется данный индекс.

Подсказка

Демон автоочистки не выполняет команды ANALYZE для сторонних таблиц, поскольку он не знает, как часто это следует делать. Если для получения качественных планов вашим запросам необходима статистика по сторонним таблицам, будет хорошей идеей дополнительно запускать ANALYZE для них по подходящему расписанию.

Подсказка

Демон автоочистки не выполняет команды ANALYZE для секционированных таблиц. В иерархии наследования анализ родительской таблицы проводится, только если меняются данные в ней самой — изменения в дочерней таблице не считаются поводом для автоанализа родительской таблицы. Если для получения качественных планов вашим запросам необходима статистика по родительским таблицам, нужно периодически выполнять ANALYZE вручную, чтобы их статистика была актуальной.

24.1.4. Обновление карты видимости

Процедура очистки поддерживает карты видимости для каждой таблицы, позволяющие определить, в каких страницах есть только записи, заведомо видимые для всех активных транзакций (и всех будущих транзакций, пока страница не будет изменена). Это имеет два применения. Во-первых, сам процесс очистки может пропускать такие страницы при следующем запуске, поскольку на этих страницах вычищать нечего.

Во-вторых, с такими картами PostgreSQL может выдавать результаты некоторых запросов, используя только индекс, не обращаясь к данным таблицы. Так как индексы PostgreSQL не содержат информацию о видимости записей, при обычном сканировании по индексу необходимо извлечь соответствующую запись из таблицы и проверить её видимость для текущей транзакции. Поэтому при *сканировании только индекса*, наоборот, сначала проверяется карта видимости. Если известно, что все записи на странице видимы, то выборку из таблицы можно пропустить. Это наиболее полезно с большими наборами данных, когда благодаря карте видимости можно оптимизировать чтение с диска. Карта видимости значительно меньше таблицы, поэтому она легко помещается в кеш, даже когда объём самих страниц очень велик.

24.1.5. Предотвращение ошибок из-за зацикливания счётчика транзакций

В PostgreSQL семантика транзакций MVCC зависит от возможности сравнения номеров идентификаторов транзакций (XID): версия строки, у которой XID добавившей её транзакции больше, чем XID текущей транзакции, относится «к будущему» и не должна быть видна в текущей транзакции. Однако поскольку идентификаторы транзакций имеют ограниченный размер (32 бита), кластер, работающий долгое время (более 4 миллиардов транзакций) столкнётся с *зацикливанием идентификаторов транзакций*: счётчик XID прокрутится до нуля, и внезапно транзакции, которые относились к прошлому, окажутся в будущем — это означает, что их результаты станут невидимыми. Одним словом, это катастрофическая потеря данных. (На самом деле данные никуда не пропадают, однако если вы не можете их получить, то это слабое утешение.) Для того чтобы этого избежать, необходимо выполнять очистку для каждой таблицы в каждой базе данных как минимум единожды на два миллиарда транзакций.

Периодическое выполнение очистки решает эту проблему, потому что процедура `VACUUM` помечает строки как *замороженные*, указывая, что они были вставлены транзакцией, зафиксированной достаточно давно, так что эффект добавляющей транзакции с точки зрения MVCC определённо будет виден во всех текущих и будущих транзакциях. Обычные значения XID сравниваются по модулю 2^{32}. Это означает, что для каждого обычного XID существуют два миллиарда значений XID, которые «старше» него, и два миллиарда значений, которые «младше» него; другими словами, пространство значений XID циклично и не имеет конечной точки. Следовательно, как только создаётся версия строки с обычным XID, для следующих двух миллиардов транзакций эта версия строки оказывается «в прошлом», неважно о каком значении обычного XID идет речь. Если после двух миллиардов транзакций эта версия строки всё ещё существует, она внезапно окажется в будущем. Для того чтобы это предотвратить, в какой-то момент значение XID для старых версий строк должно быть заменено на `FrozenTransactionId` (заморожено) до того, как будет достигнута граница в два миллиарда транзакций. После получения этого особенного XID для всех обычных транзакций эти версии строк будут относиться «к прошлому», независимо от зацикливания, и, таким образом, эти версии строк будут действительны до момента их удаления, когда бы это ни произошло.

Примечание

В версиях PostgreSQL до 9.4 замораживание было реализовано как замена XID добавления строки специальным идентификатором `FrozenTransactionId`, который можно было увидеть в системной колонке `xmin` данной строки. В новых версиях просто устанавливается битовый флаг, а исходный `xmin` строки сохраняется для возможного расследования в будущем. Однако строки с `xmin`, равным `FrozenTransactionId` (2), можно по-прежнему встретить в базах данных, обновлённых (с применением pg_upgrade) с версий до 9.4.

Также системные каталоги могут содержать строки со значением `xmin`, равным `BootstrapTransactionId` (1), показывающим, что они были вставлены на первом этапе initdb. Как и `FrozenTransactionId`, этот специальный XID считается более старым, чем любой обычный XID.

Параметр vacuum_freeze_min_age определяет, насколько старым должен стать XID, чтобы строки с таким XID были заморожены. Увеличение его значения помогает избежать ненужной работы, если строки, которые могли бы быть заморожены в ближайшее время, будут изменены ещё раз, а уменьшение приводит к увеличению количества транзакций, которые могут выполниться, прежде чем потребуется очередная очистка таблицы.

`VACUUM` определяет, какие страницы таблицы нужно сканировать, анализируя карту видимости. Обычно при этой операции пропускаются страницы, в которых нет мёртвых версий строк, даже если в них могут быть версии строк со старыми XID. Таким образом, обычная команда `VACUUM` не будет всегда замораживать все версии строк, имеющиеся в таблице. Периодически `VACUUM` будет также производить *агрессивную очистку*, пропуская только те страницы, которые не содержат ни мёртвых строк, ни незамороженных значений XID или MXID. Когда `VACUUM` будет делать это, зависит от параметра vacuum_freeze_table_age: полностью видимые, но не полностью замороженные страницы будут сканироваться, если число транзакций, прошедших со времени последнего такого сканирования, оказывается больше чем vacuum_freeze_table_age минус vacuum_freeze_min_age. Если vacuum_freeze_table_age равно 0, VACUUM будет применять эту более агрессивную стратегию при каждом сканировании.

Максимальное время, в течение которого таблица может обходиться без очистки, составляет два миллиарда транзакций минус значение vacuum_freeze_min_age с момента последней агрессивной очистки. Если бы таблица не подвергалась очистке дольше, была бы возможна потеря данных. Чтобы гарантировать, что это не произойдёт, для любой таблицы, которая может содержать значения XID старше, чем возраст, указанный в конфигурационном параметре autovacuum_freeze_max_age, вызывается автоочистка. (Это случится, даже если автоочистка отключена.)

Это означает, что если очистка таблицы не вызывается другим способом, то автоочистка для неё будет вызываться приблизительно через каждые autovacuum_freeze_max_age минус vacuum_freeze_min_age транзакций. Для таблиц, очищаемых регулярно для высвобождения пространства, это неактуально. В то же время статичные таблицы (включая таблицы, в которых данные вставляются, но не изменяются и не удаляются) не нуждаются в очистке для высвобождения пространства, поэтому для очень больших статичных таблиц имеет смысл увеличить интервал между вынужденными запусками автоочистки. Очевидно, это можно сделать, либо увеличив autovacuum_freeze_max_age, либо уменьшив vacuum_freeze_min_age.

Фактический максимум для vacuum_freeze_table_age составляет 0.95 * autovacuum_freeze_max_age; большее значение будет ограничено этим пределом. Значение, превышающее autovacuum_freeze_max_age, не имело бы смысла, поскольку по достижении этого значения в любом случае вызывалась бы автоочистка для предотвращения зацикливания, а коэффициент 0.95 оставляет немного времени для того, чтобы запустить команду VACUUM вручную до того, как это произойдёт. Как правило, установленное значение vacuum_freeze_table_age должно быть несколько меньше autovacuum_freeze_max_age, чтобы оставленный промежуток был достаточен для выполнения в этом окне VACUUM по расписанию или автоочистки, управляемой обычной активностью операций удаления и изменения. Если это значение будет слишком близким к максимуму, автоочистка для предотвращения зацикливания будет выполняться, даже если таблица только что была очищена для высвобождения пространства, в то же время при небольшом значении будет чаще производиться агрессивная очистка.

Единственный минус увеличения autovacuum_freeze_max_age (и vacuum_freeze_table_age с ним) заключается в том, что подкаталоги pg_xact и pg_commit_ts в кластере баз данных будут занимать больше места, поскольку в них нужно будет хранить статус и (при включённом track_commit_timestamp) время фиксации всех транзакций вплоть до горизонта autovacuum_freeze_max_age. Для статуса фиксации используется по два бита на транзакцию, поэтому если в autovacuum_freeze_max_age установлено максимально допустимое значение в два миллиарда, то размер pg_xact может составить примерно половину гигабайта, а pg_commit_ts примерно 20 ГБ. Если по сравнению с объёмом вашей базы данных этот объём незначителен, тогда рекомендуется установить для autovacuum_freeze_max_age максимально допустимое значение. В противном случае установите значение этого параметра в зависимости от объёма, который вы готовы выделить для pg_xact и pg_commit_ts. (Значению по умолчанию, 200 миллионам транзакций, соответствует приблизительно 50 МБ в pg_xact и около 2 ГБ в pg_commit_ts.)

Уменьшение значения vacuum_freeze_min_age, с другой стороны, чревато тем, что команда VACUUM может выполнять бесполезную работу: замораживание версии строки — пустая трата времени, если эта строка будет вскоре изменена (и в результате получит новый XID). Поэтому значение этого параметра должно быть достаточно большим для того, чтобы строки не замораживались, пока их последующее изменение не станет маловероятным.

Для отслеживания возраста самых старых значений XID в базе данных команда VACUUM сохраняет статистику по XID в системных таблицах pg_class и pg_database. В частности, столбец relfrozenxid в записи для определённой таблицы в pg_class содержит граничное значение XID, с которым в последний раз выполнялась агрессивная очистка (VACUUM) этой таблицы. Все строки, добавленные транзакциями с более ранними XID, гарантированно будут заморожены. Аналогично столбец `datfrozenxid` в записи для базы данных в `pg_database` представляет нижнюю границу обычных значений XID, встречающихся в этой базе — он просто хранит минимальное из всех значений `relfrozenxid` для таблиц этой базы. Эту информацию удобно получать с помощью таких запросов:

```
SELECT c.oid::regclass as table_name,
       greatest(age(c.relfrozenxid),age(t.relfrozenxid)) as age
FROM pg_class c
LEFT JOIN pg_class t ON c.reltoastrelid = t.oid
WHERE c.relkind IN ('r', 'm');

SELECT datname, age(datfrozenxid) FROM pg_database;
```

Столбец `age` показывает количество транзакций от граничного значения XID до XID текущей транзакции.

Обычно `VACUUM` сканирует только те страницы, которые изменялись после последней очистки, однако `relfrozenxid` может увеличиться только при сканировании всех страниц таблицы, включая те, что могут содержать незамороженные XID. Это происходит, когда возраст `relfrozenxid` превышает `vacuum_freeze_table_age` транзакций, когда `VACUUM` вызывается с указанием `FREEZE`, или когда оказывается, что очистку для удаления мёртвых версий строк нужно провести во всех ещё не замороженных страницах. Когда `VACUUM` сканирует в таблице каждую ещё не полностью замороженную страницу, значение `age(relfrozenxid)` в результате должно стать немного больше, чем установленное значение `vacuum_freeze_min_age` (больше на число транзакций, начатых с момента запуска `VACUUM`). Если по достижении `autovacuum_freeze_max_age` для таблицы ни разу не будет выполнена операция `relfrozenxid`, в скором времени для неё будет принудительно запущена автоочистка.

Если по какой-либо причине автоочистка не может вычистить старые значения XID из таблицы, система начинает выдавать предупреждающие сообщения, подобные приведённому ниже, когда самое старое значение XID в базе данных оказывается в 11 миллионах транзакций от точки зацикливания:

```
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:  база данных "mydb" должна быть очищена (предельное число транзакций:
 10985967)
ПОДСКАЗКА:  Во избежание отключения базы данных выполните очистку (VACUUM) всей базы.
```

(Проблему можно решить, как предлагает подсказка, запустив `VACUUM` вручную; однако учтите, что выполнять `VACUUM` должен суперпользователь, в противном случае эта процедура не сможет обработать системные каталоги и, следовательно, не сможет увеличить значение `datfrozenxid` для базы данных.) Если эти предупреждения игнорировать, система отключится и не будет начинать никаких транзакций, как только до точки зацикливания останется менее 1 миллиона транзакций:

```
ОШИБКА:  база данных не принимает команды во избежание потери данных из-за зацикливания
 в БД "mydb"
ПОДСКАЗКА:  Остановите управляющий процесс (postmaster) и выполните очистку (VACUUM)
 базы данных в однопользовательском режиме.
```

Резерв в 1 миллион транзакций позволяет администратору провести восстановление без потери данных, выполнив необходимые команды `VACUUM` вручную. Однако поскольку после безопасной остановки система не будет исполнять команды, администратору останется только перезапустить сервер в однопользовательском режиме, чтобы запустить `VACUUM`. За подробной информацией об использовании однопользовательского режима обратитесь к странице справки по postgres.

24.1.5.1. Мультитранзакции и зацикливание

Идентификаторы мультитранзакций используются для поддержки блокировки строк несколькими транзакциями одновременно. Поскольку в заголовке строки есть только ограниченное пространство для хранения информации о блокировках, в нём указывается «идентификатор множественной транзакции», или идентификатор мультитранзакции для краткости, когда строку блокируют одновременно несколько транзакций. Информация о том, какие именно идентификаторы транзакций относятся к определённой мультитранзакции, хранится отдельно в подкаталоге pg_multixact, а в поле xmax в заголовке строки сохраняется только идентификатор мультитранзакции. Как и идентификаторы транзакций, идентификаторы мультитранзакций исполнены в виде 32-разрядного счётчика и хранятся аналогично, что требует аккуратного управления их возрастом, очисткой хранилища и предотвращением зацикливаний. Существует отдельная область, в которой содержится список членов каждой мультитранзакции, где счётчики также 32-битные и требуют должного контроля. Чтобы узнать идентификаторы транзакции, связанные с идентификатором мультитранзакции, можно воспользоваться системной функцией pg_get_multixact_members(), описанной в Таблице 9.74.

Когда VACUUM сканирует какую-либо часть таблицы, каждый идентификатор мультитранзакции старее чем vacuum_multixact_freeze_min_age заменяется другим значением, которое может быть нулевым, идентификатором одиночной транзакции или новым идентификатором мультитранзакции. Для каждой таблицы в pg_class.relminmxid хранится самый старый возможный идентификатор мультитранзакции, всё ещё задействованный в какой-либо строке этой таблицы. Если это значение оказывается старее vacuum_multixact_freeze_table_age, выполняется агрессивная очистка. Как рассказывалось в предыдущем разделе, при агрессивной очистке будут пропускаться только те страницы, которые считаются полностью замороженными. Узнать возраст pg_class.relminmxid можно с помощью функции mxid_age().

Благодаря агрессивным операциям VACUUM, вне зависимости от их причины, это значение для таблицы будет увеличиваться. В конце концов, по мере сканирования всех таблиц во всех базах данных и увеличения их старейших значений мультитранзакций, информация о старых мультитранзакциях может быть удалена с диска.

В качестве меры защиты, агрессивное сканирование с целью очистки будет происходить для любой таблицы, возраст мультитранзакций которой больше, чем autovacuum_multixact_freeze_max_age. Агрессивное сканирование также будет выполняться постепенно со всеми таблицами, начиная с имеющих старейшие мультитранзакции, если объём занятой области членов мультитранзакций превышает 50% от объёма адресуемого пространства. Эти два варианта агрессивного сканирования осуществляются, даже если процесс автоочистки отключён.

24.1.6. Демон автоочистки

В PostgreSQL имеется не обязательная, но настоятельно рекомендуемая к использованию функция, называемая *автоочисткой*, предназначение которой — автоматизировать выполнение команд VACUUM и ANALYZE. Когда автоочистка включена, она проверяет, в каких таблицах было вставлено, изменено или удалено много строк. При этих проверках используются средства сбора статистики; поэтому автоочистка будет работать, только если параметр track_counts имеет значение true. В конфигурации по умолчанию автоочистка включена и соответствующие параметры имеют подходящие значения.

«Демон автоочистки» на самом деле состоит из нескольких процессов. Существует постоянный фоновый процесс, называемый *процессом запуска автоочистки*, который отвечает за запуск *рабочих процессов автоочистки* для всех баз данных. Этот контролирующий процесс распределяет работу по времени, стараясь запускать рабочий процесс для каждой базы данных каждые autovacuum_naptime секунд. (Следовательно, если всего имеется *N* баз данных, новый рабочий процесс будет запускаться каждые autovacuum_naptime/*N* секунд.) Одновременно могут выполняться до autovacuum_max_workers рабочих процессов. Если число баз данных, требующих обработки, превышает autovacuum_max_workers, обработка следующей базы начинается сразу по завершении первого рабочего процесса. Каждый рабочий процесс проверяет все таблицы в своей базе данных и в случае необходимости выполняет VACUUM и/или ANALYZE. Для отслеживания действий рабочих процессов можно установить параметр log_autovacuum_min_duration.

Если в течение короткого промежутка времени потребность в очистке возникает для нескольких больших таблиц, все рабочие процессы автоочистки могут продолжительное время заниматься очисткой только этих таблиц. В результате другие таблицы и базы данных будут ожидать очистки, пока не появится свободный рабочий процесс. Число рабочих процессов для одной базы не ограничивается, при этом каждый процесс старается не повторять работу, только что выполненную другими. Заметьте, что в ограничениях max_connections или superuser_reserved_connections число выполняющихся рабочих процессов не учитывается.

Для таблиц с relfrozenxid, устаревшим более чем на autovacuum_freeze_max_age транзакций, очистка выполняется всегда (это также применимо к таблицам, для которых максимальный порог заморозки был изменён через параметры хранения; см. ниже). В противном случае очистка таблицы производится, если количество кортежей, устаревших с момента последнего выполнения VACUUM, превышает «пороговое значение очистки». Пороговое значение очистки определяется как:

```
порог очистки = базовый порог очистки + коэффициент доли для очистки * количество
 кортежей
```

где базовый порог очистки — значение autovacuum_vacuum_threshold, коэффициент доли — autovacuum_vacuum_scale_factor, а количество кортежей — pg_class.reltuples.

Таблица также очищается, если число кортежей, добавленных после предыдущей очистки, превышает установленный порог очистки при добавлении, который определяется так:

```
порог очистки при добавлении = базовый порог очистки при добавлении + коэффициент доли
 для очистки при добавлении * количество кортежей
```

Базовый порог очистки при добавлении и коэффициент доли для очистки при добавлении определяются параметрами autovacuum_vacuum_insert_threshold и autovacuum_vacuum_insert_scale_factor, соответственно. При такой очистке часть страниц таблицы могут быть помечены как *полностью видимые* и могут быть также заморожены кортежи, что уменьшит объём работы, которую нужно будет проделать при следующей очистке. Для таблиц, в которых выполняются в основном операции INSERT и практически не выполняются UPDATE/DELETE, может иметь смысл уменьшить параметр таблицы autovacuum_freeze_min_age, так как это позволит замораживать кортежи раньше. Количество устаревших и добавленных кортежей получается от сборщика статистики; оно представляет собой приблизительное число, обновляемое после каждой операции UPDATE, DELETE и INSERT. (Точность не гарантируется, потому что при большой нагрузке часть информации может быть потеряна.) Если значение relfrozenxid для таблицы старее vacuum_freeze_table_age транзакций, производится агрессивная очистка с целью заморозить старые версии строк и увеличить значение relfrozenxid; в противном случае сканируются только страницы, изменённые после последней очистки.

Для выполнения сбора статистики используется аналогичное условие: пороговое значение, определяемое как:

```
порог анализа = базовый порог анализа + коэффициент доли для анализа * количество
 кортежей
```

сравнивается с общим количеством кортежей добавленных, изменённых или удалённых после последнего выполнения ANALYZE.

В секционированных таблицах кортежи не хранятся напрямую и, следовательно, не обрабатываются автоочисткой. (Автоочистка обрабатывает секции таблицы так же, как и другие таблицы.) К сожалению, это означает, что автоочистка не запускает ANALYZE для секционированных таблиц, в результате чего создаются неоптимальные планы для запросов, ссылающихся на статистику секционированных таблиц. Эту проблему можно обойти, вручную запуская ANALYZE для секционированных таблиц при их первом заполнении, а также всякий раз, когда распределение данных в их секциях существенно меняется.

Автоочистка не обрабатывает временные таблицы. Поэтому очистку и сбор статистики в них нужно производить с помощью SQL-команд в обычном сеансе.

Используемые по умолчанию пороговые значения и коэффициенты берутся из postgresql.conf, однако их (и многие другие параметры, управляющие автоочисткой) можно переопределить для каждой таблицы; за подробностями обратитесь к разделу Параметры хранения. Если какие-либо значения определены через параметры хранения таблицы, при обработке этой таблицы действуют они, а в противном случае — глобальные параметры. За более подробной информацией о глобальных параметрах обратитесь к Разделу 19.10.

Когда выполняются несколько рабочих процессов, параметры задержки автоочистки по стоимости (см. Подраздел 19.4.4) «распределяются» между всеми этими процессами, так что общее воздействие на систему остаётся неизменным, независимо от их числа. Однако этот алгоритм распределения нагрузки не учитывает процессы, обрабатывающие таблицы с индивидуальными значениями параметров хранения `autovacuum_vacuum_cost_delay` и `autovacuum_vacuum_cost_limit`.

Рабочие процессы автоочистки обычно не мешают выполнению других команд. Если какой-либо процесс попытается получить блокировку, конфликтующую с блокировкой `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, которая удерживается в ходе автоочистки, автоочистка прервётся и процесс получит нужную ему блокировку. Конфликтующие режимы блокировок отмечены в Таблице 13.2. Однако если автоочистка выполняется для предотвращения зацикливания идентификаторов транзакций (т. е. описание запроса автоочистки в представлении `pg_stat_activity` заканчивается на `(to prevent wraparound)`), автоочистка не прерывается без ручного вмешательства.

> **Предупреждение**
>
> При частом выполнении таких команд, как ANALYZE, которые затребуют блокировки, конфликтующие с `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, может получиться так, что автоочистка не будет успевать завершаться в принципе.

24.2. Регулярная переиндексация

В некоторых ситуациях стоит периодически перестраивать индексы, выполняя команду REINDEX или последовательность отдельных шагов по восстановлению индексов.

Страницы индексов на основе B-деревьев, которые стали абсолютно пустыми, могут быть использованы повторно. Однако возможность неэффективного использования пространства всё же остаётся: если со страницы были удалены почти все, но не все ключи индекса, страница всё равно остаётся занятой. Следовательно, шаблон использования, при котором со временем удаляются многие, но не все ключи в каждом диапазоне, приведёт к неэффективному расходованию пространства. В таких случаях рекомендуется периодически проводить переиндексацию.

Возможность раздувания в индексах на основе не B-деревьев глубоко не исследовалась. Поэтому имеет смысл периодически отслеживать физический размер индекса, когда применяется индекс такого типа.

Кроме того, с B-деревьями доступ по недавно построенному индексу осуществляется немного быстрее, нежели доступ по индексу, который неоднократно изменялся, поскольку в недавно построенном индексе страницы, близкие логически, обычно расположены так же близко и физически. (Это соображение неприменимо к индексам, которые основаны не на B-деревьях.) Поэтому периодически проводить переиндексацию стоит хотя бы для того, чтобы увеличить скорость доступа.

Команда REINDEX проста и безопасна для использования в любых случаях. Эта команда по умолчанию затребует блокировку `ACCESS EXCLUSIVE`, поэтому её обычно лучше выполнять с указанием `CONCURRENTLY`, с которым затребуется только `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

24.3. Обслуживание журнала

Журнал сервера базы данных желательно сохранять где-либо, а не просто сбрасывать его в `/dev/null`. Этот журнал бесценен при диагностике проблем.

> **Примечание**
>
> Журнал сервера может содержать конфиденциальную информацию и должен быть защищён, где бы он ни хранился и куда бы ни передавался. Например, операторы DDL могут содержать незашифрованные пароли или другие данные аутентификации. В операторах, выводимых на уровне `ERROR`, может отображаться исходный код SQL для приложений, а также могут содер-

жаться фрагменты строк данных. Так как журнал собственно предназначен для записи данных, событий и связанной с ними информации, это не является уязвимостью или дефектом. Вам следует позаботиться о том, чтобы к журналам сервера получали доступ только лица с соответствующими полномочиями.

Журнал сервера может быть очень объёмным (особенно при высоких уровнях отладки), так что хранить его неограниченно долго вы вряд ли захотите. Поэтому необходимо организовать *ротацию* журнальных файлов так, чтобы новые файлы создавались, а старые удалялись через разумный промежуток времени.

Если просто направить stderr команды `postgres` в файл, вы получите в нём журнал сообщений, но очистить этот файл можно будет, только если остановить и перезапустить сервер. Это может быть допустимо при использовании PostgreSQL в среде разработки, но вряд ли такой вариант будет приемлемым в производственной среде.

Лучшим подходом будет перенаправление вывода сервера stderr в какую-либо программу ротации журнальных файлов. Существует и встроенное средство ротации журнальных файлов, которое можно использовать, установив для параметра `logging_collector` значение `true` в `postgresql.conf`. Параметры, управляющие этой программой, описаны в Подразделе 19.8.1. Этот подход также можно использовать для получения содержимого журнала в формате CSV (значения, разделённые запятыми).

Вы также можете использовать внешнюю программу для ротации журнальных файлов, если уже применяете такое приложение для других серверных приложений. Например, утилиту rotatelogs, включённую в дистрибутив Apache, можно использовать и с PostgreSQL. Один из вариантов — направить вывод stderr сервера в желаемую программу. Если вы запускаете сервер, используя `pg_ctl`, то stderr уже будет перенаправлен в stdout, так что будет достаточно просто применить конвейер, например:

```
pg_ctl start | rotatelogs /var/log/pgsql_log 86400
```

Вы можете скомбинировать эти подходы, настроив программу logrotate так, чтобы она собирала файлы журналов, которые записывает встроенный в PostgreSQL сборщик сообщений. В этом случае имена и расположение файлов журналов определяет сборщик сообщений, а logrotate периодически архивирует эти файлы. Когда logrotate производит ротацию журналов, важно, чтобы приложение выводило дальнейшие сообщения в новый файл. Обычно это делает скрипт `postrotate`, передающий сигнал `SIGHUP` приложению, которое в свою очередь заново открывает файл журнала. В PostgreSQL вместо этого вы можете выполнить `pg_ctl` с указанием `logrotate`. Когда выполняется эта команда, сервер либо переключается на новый файл журнала, либо заново открывает существующий, в зависимости от конфигурации журналирования (см. Подраздел 19.8.1).

Примечание

Когда используются статические имена файлов журналов, сервер может столкнуться с ошибкой при открытии файла, если будет достигнуто ограничение на максимальное число открытых файлов или переполнится таблица файлов. В этом случае сообщения будут продолжать выводиться в старый журнал пока не произойдёт успешное переключение. Если программа logrotate сжимает файл журнала и затем удаляет его, сообщения сервера, выводимые в этом интервале времени, могут быть потеряны. Чтобы избежать этого, можно сделать так, чтобы сборщик сообщений выбирал динамические имена файлов, а скрипт `prerotate` игнорировал открытые файлы журналов.

Ещё одно решение промышленного уровня заключается в передаче журнала в syslog, чтобы ротацией файлов занималась уже служба syslog. Для этого присвойте параметру конфигурации `log_destination` значение `syslog` (для вывода журнала только в syslog) в `postgresql.conf`. Затем вы сможете посылать сигнал `SIGHUP` службе syslog, когда захотите принудительно начать запись нового журнального файла. Если вы хотите автоматизировать ротацию журнальных файлов, программу logrotate можно настроить и для работы с журнальными файлами, которые формирует syslog.

Однако во многих системах, а особенно с большими сообщениями, syslog работает не очень надёжно; он может обрезать или терять сообщения как раз тогда, когда они вам нужны. Кроме того, в Linux, syslog> сбрасывает каждое сообщение на диск, от чего страдает производительность. (Для отключения этой синхронной записи можно добавить «-» перед именем файла в файле конфигурации syslog.)

Обратите внимание, что все описанные выше решения обеспечивают создание новых журнальных файлов через задаваемые промежутки времени, но не удаление старых, ставших бесполезными файлов журналов. Возможно, вы захотите создать задание для периодического удаления старых файлов. Кроме того, вы можете настроить программу ротации файлов так, чтобы старые файлы журналов циклически перезаписывались.

Также вам может быть полезен *pgBadger* — инструмент для сложного анализа файлов журнала. Кроме того, *check_postgres* может посылать уведомления в Nagios, когда в журнале появляются важные сообщения, а также при обнаружении других нестандартных ситуаций.

Глава 25. Резервное копирование и восстановление

Как и всё, что содержит важные данные, базы данных PostgreSQL следует регулярно сохранять в резервной копии. Хотя эта процедура по существу проста, важно чётко понимать лежащие в её основе приёмы и положения.

Существует три фундаментально разных подхода к резервному копированию данных в PostgreSQL:

- Выгрузка в SQL
- Копирование на уровне файлов
- Непрерывное архивирование

Каждый из них имеет свои сильные и слабые стороны; все они обсуждаются в следующих разделах.

25.1. Выгрузка в SQL

Идея, стоящая за этим методом, заключается в генерации текстового файла с командами SQL, которые при выполнении на сервере пересоздадут базу данных в том же самом состоянии, в котором она была на момент выгрузки. PostgreSQL предоставляет для этой цели вспомогательную программу pg_dump. Простейшее применение этой программы выглядит так:

```
pg_dump имя_базы > файл_дампа
```

Как видите, pg_dump записывает результаты своей работы в устройство стандартного вывода. Далее будет рассмотрено, чем это может быть полезно. В то время как вышеупомянутая команда создаёт текстовый файл, pg_dump может создать файлы и в других форматах, которые допускают параллельную обработку и более гибкое управление восстановлением объектов.

Программа pg_dump является для PostgreSQL обычным клиентским приложением (хотя и весьма умным). Это означает, что вы можете выполнять процедуру резервного копирования с любого удалённого компьютера, если имеете доступ к нужной базе данных. Но помните, что pg_dump не использует для своей работы какие-то специальные привилегии. В частности, ей обычно требуется доступ на чтение всех таблиц, которые вы хотите выгрузить, так что для копирования всей базы данных практически всегда её нужно запускать с правами суперпользователя СУБД. (Если у вас нет достаточных прав для резервного копирования всей базы данных, вы тем не менее можете сделать резервную копию той части базы, доступ к которой у вас есть, используя такие параметры, как `-n` *схема* или `-t` *таблица*.)

Указать, к какому серверу должна подключаться программа pg_dump, можно с помощью аргументов командной строки `-h` *сервер* и `-p` *порт*. По умолчанию в качестве сервера выбирается localhost или значение, указанное в переменной окружения `PGHOST`. Подобным образом, по умолчанию используется порт, заданный в переменной окружения `PGPORT`, а если она не задана, то порт, указанный по умолчанию при компиляции. (Для удобства при компиляции сервера обычно устанавливается то же значение по умолчанию.)

Как и любое другое клиентское приложение PostgreSQL, pg_dump по умолчанию будет подключаться к базе данных с именем пользователя, совпадающим с именем текущего пользователя операционной системы. Чтобы переопределить имя, либо добавьте параметр `-U`, либо установите переменную окружения `PGUSER`. Помните, что pg_dump подключается к серверу через обычные механизмы проверки подлинности клиента (которые описываются в Главе 20).

Важное преимущество pg_dump в сравнении с другими методами резервного копирования, описанными далее, состоит в том, что вывод pg_dump обычно можно загрузить в более новые версии PostgreSQL, в то время как резервная копия на уровне файловой системы и непрерывное архивирование жёстко зависят от версии сервера. Также, только метод с применением pg_dump будет работать при переносе базы данных на другую машинную архитектуру, например, при переносе с 32-битной на 64-битную версию сервера.

Дампы, создаваемые pg_dump, являются внутренне согласованными, то есть, дамп представляет собой снимок базы данных на момент начала запуска pg_dump. pg_dump не блокирует другие операции с базой данных во время своей работы. (Исключение составляют операции, которым нужна исключительная блокировка, как например, большинство форм команды `ALTER TABLE`.)

25.1.1. Восстановление дампа

Текстовые файлы, созданные pg_dump, предназначаются для последующего чтения программой psql с использованием параметров по умолчанию. Общий вид команды для восстановления дампа в текстовом формате:

```
psql -X имя_базы < файл_дампа
```

где *файл_дампа* — это файл, содержащий вывод команды pg_dump. База данных, заданная параметром *имя_базы*, не будет создана данной командой, так что вы должны создать её сами из базы `template0` перед запуском psql (например, с помощью команды `createdb -T template0 имя_базы`). Убедиться, что psql работает с параметрами по умолчанию, можно с помощью параметра `-X` (`--no-psqlrc`). Программа psql принимает параметры, указывающие сервер, к которому осуществляется подключение, и имя пользователя, подобно pg_dump. За дополнительными сведениями обратитесь к справке по psql.

Дампы, выгруженные не в текстовом формате, восстанавливаются утилитой pg_restore.

Перед восстановлением SQL-дампа все пользователи, которые владели объектами или имели права на объекты в выгруженной базе данных, должны уже существовать. Если их нет, при восстановлении будут ошибки пересоздания объектов с изначальными владельцами и/или правами. (Иногда это желаемый результат, но обычно нет).

По умолчанию, если происходит ошибка SQL, программа psql продолжает выполнение. Если же запустить psql с установленной переменной `ON_ERROR_STOP`, это поведение поменяется и psql завершится с кодом 3 в случае возникновения ошибки SQL:

```
psql -X --set ON_ERROR_STOP=on имя_базы < файл_дампа
```

В любом случае вы получите только частично восстановленную базу данных. В качестве альтернативы можно указать, что весь дамп должен быть восстановлен в одной транзакции, так что восстановление либо полностью выполнится, либо полностью отменится. Включить данный режим можно, передав psql аргумент `-1` или `--single-transaction`. Выбирая этот режим, учтите, что даже незначительная ошибка может привести к откату восстановления, которое могло продолжаться несколько часов. Однако это всё же может быть предпочтительней, чем вручную вычищать сложную базу данных после частично восстановленного дампа.

Благодаря способности pg_dump и psql писать и читать каналы ввода/вывода, можно скопировать базу данных непосредственно с одного сервера на другой, например:

```
pg_dump -h host1 имя_базы | psql -X -h host2 имя_базы
```

> **Важно**
>
> Дампы, которые выдаёт pg_dump, содержат определения относительно `template0`. Это означает, что любые языки, процедуры и т. п., добавленные в базу через `template1`, pg_dump также выгрузит в дамп. Как следствие, если при восстановлении вы используете модифицированный `template1`, вы должны создать пустую базу данных из `template0`, как показано в примере выше.

После восстановления резервной копии имеет смысл запустить ANALYZE для каждой базы данных, чтобы оптимизатор запросов получил полезную статистику; за подробностями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6. Другие советы по эффективной загрузке больших объёмов данных в PostgreSQL вы можете найти в Разделе 14.4.

25.1.2. Использование pg_dumpall

Программа pg_dump выгружает только одну базу данных в один момент времени и не включает в дамп информацию о ролях и табличных пространствах (так как это информация уровня кластера, а не самой базы данных). Для удобства создания дампа всего содержимого кластера баз данных предоставляется программа pg_dumpall, которая делает резервную копию всех баз данных кластера, а также сохраняет данные уровня кластера, такие как роли и определения табличных пространств. Простое использование этой команды:

```
pg_dumpall > файл_дампа
```

Полученную копию можно восстановить с помощью psql:

```
psql -X -f файл_дампа postgres
```

(В принципе, здесь в качестве начальной базы данных можно указать имя любой существующей базы, но если вы загружаете дамп в пустой кластер, обычно нужно использовать `postgres`). Восстанавливать дамп, который выдала pg_dumpall, всегда необходимо с правами суперпользователя, так как они требуются для восстановления информации о ролях и табличных пространствах. Если вы используете табличные пространства, убедитесь, что пути к табличным пространствам в дампе соответствуют новой среде.

pg_dumpall выдаёт команды, которые заново создают роли, табличные пространства и пустые базы данных, а затем вызывает для каждой базы pg_dump. Таким образом, хотя каждая база данных будет внутренне согласованной, состояние разных баз не будет синхронным.

Только глобальные данные кластера можно выгрузить, передав pg_dumpall ключ `--globals-only`. Это необходимо, чтобы полностью скопировать кластер, когда pg_dump выполняется для отдельных баз данных.

25.1.3. Управление большими базами данных

Некоторые операционные системы накладывают ограничение на максимальный размер файла, что приводит к проблемам при создании больших файлов с помощью pg_dump. К счастью, pg_dump может писать в стандартный вывод, так что вы можете использовать стандартные инструменты Unix для того, чтобы избежать потенциальных проблем. Вот несколько возможных методов:

Используйте сжатые дампы. Вы можете использовать предпочитаемую программу сжатия, например gzip:

```
pg_dump имя_базы | gzip > имя_файла.gz
```

Затем загрузить сжатый дамп можно командой:

```
gunzip -c имя_файла.gz | psql имя_базы
```

или:

```
cat имя_файла.gz | gunzip | psql имя_базы
```

Используйте `split`. Команда `split` может разбивать выводимые данные на небольшие файлы, размер которых удовлетворяет ограничению нижележащей файловой системы. Например, чтобы получить части по 2 гигабайта:

```
pg_dump имя_базы | split -b 2G - имя_файла
```

Восстановить их можно так:

```
cat имя_файла* | psql имя_базы
```

Использовать GNU split можно вместе с gzip:

```
pg_dump имя_базы | split -b 2G --filter='gzip > $FILE.gz'
```

Восстановить данные после такого разбиения можно с помощью команды `zcat`.

Используйте специальный формат дампа pg_dump. Если при сборке PostgreSQL была подключена библиотека zlib, дамп в специальном формате будет записываться в файл в сжатом виде.

В таком формате размер файла дампа будет близок к размеру, полученному с применением `gzip`, но он лучше тем, что позволяет восстанавливать таблицы выборочно. Следующая команда выгружает базу данных в специальном формате:

```
pg_dump -Fc имя_базы > имя_файла
```

Дамп в специальном формате не является скриптом для psql и должен восстанавливаться с помощью команды pg_restore, например:

```
pg_restore -d имя_базы имя_файла
```

За подробностями обратитесь к справке по командам pg_dump и pg_restore.

Для очень больших баз данных может понадобиться сочетать `split` с одним из двух других методов.

Используйте возможность параллельной выгрузки в pg_dump. Чтобы ускорить выгрузку большой БД, вы можете использовать режим параллельной выгрузки в pg_dump. При этом одновременно будут выгружаться несколько таблиц. Управлять числом параллельных заданий позволяет параметр `-j`. Параллельная выгрузка поддерживается только для формата архива в каталоге.

```
pg_dump -j число -F d -f выходной_каталог имя_базы
```

Вы также можете восстановить копию в параллельном режиме с помощью `pg_restore -j`. Это поддерживается для любого архива в формате каталога или специальном формате, даже если архив создавался не командой `pg_dump -j`.

25.2. Резервное копирование на уровне файлов

Альтернативной стратегией резервного копирования является непосредственное копирование файлов, в которых PostgreSQL хранит содержимое базы данных; в Разделе 18.2 рассказывается, где находятся эти файлы. Вы можете использовать любой способ копирования файлов по желанию, например:

```
tar -cf backup.tar /usr/local/pgsql/data
```

Однако существуют два ограничения, которые делают этот метод непрактичным или как минимум менее предпочтительным по сравнению с pg_dump:

1. Чтобы полученная резервная копия была годной, сервер баз данных *должен* быть остановлен. Такие полумеры, как запрещение всех подключений к серверу, работать *не* будут (отчасти потому что `tar` и подобные средства не получают мгновенный снимок состояния файловой системы, но ещё и потому, что в сервере есть внутренние буферы). Узнать о том, как остановить сервер, можно в Разделе 18.5. Необходимо отметить, что сервер нужно будет остановить и перед восстановлением данных.

2. Если вы ознакомились с внутренней организацией базы данных в файловой системе, у вас может возникнуть соблазн скопировать или восстановить только отдельные таблицы или базы данных в соответствующих файлах или каталогах. Это *не* будет работать, потому что информацию, содержащуюся в этих файлах, нельзя использовать без файлов журналов транзакций, `pg_xact/*`, которые содержат состояние всех транзакций. Без этих данных файлы таблиц непригодны к использованию. Разумеется также невозможно восстановить только одну таблицу и соответствующие данные `pg_xact`, потому что в результате нерабочими станут все другие таблицы в кластере баз данных. Таким образом, копирование на уровне файловой системы будет работать, только если выполняется полное копирование и восстановление всего кластера баз данных.

Ещё один подход к резервному копированию файловой системы заключается в создании «целостного снимка» каталога с данными, если это поддерживает файловая система (и вы склонны считать, что эта функциональность реализована корректно). Типичная процедура включает создание «замороженного снимка» тома, содержащего базу данных, затем копирование всего каталога с данными (а не его избранных частей, см. выше) из этого снимка на устройство резервного копирования, и наконец освобождение замороженного снимка. При этом сервер базы данных может не прекращать свою работу. Однако резервная копия, созданная таким способом, содержит файлы базы данных в таком состоянии, как если бы сервер баз данных не был остановлен штатным образом; таким образом, когда вы запустите сервер баз данных с сохранёнными данными, он будет считать, что до этого процесс сервера был прерван аварийно, и будет накатывать журнал WAL. Это не проблема, просто имейте это в виду (и обязательно включите файлы WAL в резервную копию). Чтобы сократить время восстановления, можно выполнить команду `CHECKPOINT` перед созданием снимка.

Если ваша база данных размещена в нескольких файловых системах, получить в точности одновременно замороженные снимки всех томов может быть невозможно. Например, если файлы данных и журналы WAL находятся на разных дисках или табличные пространства расположены в разных файловых системах, резервное копирование со снимками может быть неприменимо, потому что снимки *должны* быть одновременными. В таких ситуациях очень внимательно изучите документацию по вашей файловой системе, прежде чем довериться технологии согласованных снимков.

Если одновременные снимки невозможны, остаётся вариант с остановкой сервера баз данных на время, достаточное для получения всех замороженных снимков. Другое возможное решение — получить базовую копию путём непрерывного архивирования (см. Подраздел 25.3.2), такие резервные копии не могут пострадать от изменений файловой системы в процессе резервного копирования. Для этого требуется включить непрерывное архивирование только на время резервного копирования; для восстановления применяется процедура восстановления из непрерывного архива (Подраздел 25.3.4).

Ещё один вариант — копировать содержимое файловой системы с помощью rsync. Для этого rsync запускается сначала во время работы сервера баз данных, а затем сервер останавливается на время, достаточное для запуска `rsync --checksum`. (Ключ `--checksum` необходим, потому что `rsync` различает время только с точностью до секунд.) Во второй раз rsync отработает быстрее, чем в первый, потому что скопировать надо будет относительно немного данных; и в итоге будет получен согласованный результат, так как сервер был остановлен. Данный метод позволяет получить копию на уровне файловой системы с минимальным временем простоя.

Обратите внимание, что размер копии на уровне файлов обычно больше, чем дампа SQL. (Программе pg_dump не нужно, например, записывать содержимое индексов, достаточно команд для их пересоздания). Однако копирование на уровне файлов может выполняться быстрее.

25.3. Непрерывное архивирование и восстановление на момент времени (Point-in-Time Recovery, PITR)

Всё время в процессе работы PostgreSQL ведёт *журнал предзаписи* (WAL), который расположен в подкаталоге `pg_wal/` каталога с данными кластера баз данных. В этот журнал записываются все изменения, вносимые в файлы данных. Прежде всего, журнал существует для безопасного восстановления после краха сервера: если происходит крах, целостность СУБД может быть восстановлена в результате «воспроизведения» записей, зафиксированных после последней контрольной точки. Однако наличие журнала делает возможным использование третьей стратегии копирования баз данных: можно сочетать резервное копирование на уровне файловой системы с копированием файлов WAL. Если потребуется восстановить данные, мы можем восстановить копию файлов, а затем воспроизвести журнал из скопированных файлов WAL, и таким образом привести систему в нужное состояние. Такой подход более сложен для администрирования, чем любой из описанных выше, но он имеет значительные преимущества:

- В качестве начальной точки для восстановления необязательно иметь полностью согласованную копию на уровне файлов. Внутренняя несогласованность копии будет исправлена при воспроизведении журнала (практически то же самое происходит при восстановлении после краха). Таким образом, согласованный снимок файловой системы не требуется, вполне можно использовать tar или похожие средства архивации.
- Поскольку при воспроизведении можно обрабатывать неограниченную последовательность файлов WAL, непрерывную резервную копию можно получить, просто продолжая архивировать файлы WAL. Это особенно ценно для больших баз данных, полные резервные копии которых делать как минимум неудобно.

- Воспроизводить все записи WAL до самого конца нет необходимости. Воспроизведение можно остановить в любой точке и получить целостный снимок базы данных на этот момент времени. Таким образом, данная технология поддерживает *восстановление на момент времени*: можно восстановить состояние базы данных на любое время с момента создания резервной копии.
- Если непрерывно передавать последовательность файлов WAL другому серверу, получившему данные из базовой копии того же кластера, получается система *тёплого резерва*: в любой момент мы можем запустить второй сервер и он будет иметь практически текущую копию баз данных.

> **Примечание**
>
> Программы pg_dump и pg_dumpall не создают копии на уровне файловой системы и не могут применяться как часть решения по непрерывной архивации. Создаваемые ими копии являются логическими и не содержат информации, необходимой для воспроизведения WAL.

Как и обычное резервное копирование файловой системы, этот метод позволяет восстанавливать только весь кластер баз данных целиком, но не его части. Кроме того, для архивов требуется большое хранилище: базовая резервная копия может быть объёмной, а нагруженные системы будут генерировать многие мегабайты трафика WAL, который необходимо архивировать. Тем не менее этот метод резервного копирования предпочитается во многих ситуациях, где необходима высокая надёжность.

Для успешного восстановления с применением непрерывного архивирования (также называемого «оперативным резервным копированием» многими разработчиками СУБД), вам необходима непрерывная последовательность заархивированных файлов WAL, начинающаяся не позже, чем с момента начала копирования. Так что для начала вы должны настроить и протестировать процедуру архивирования файлов WAL *до того*, как получите первую базовую копию. Соответственно, сначала мы обсудим механику архивирования файлов WAL.

25.3.1. Настройка архивирования WAL

В абстрактном смысле, запущенная СУБД PostgreSQL производит неограниченно длинную последовательность записей WAL. СУБД физически делит эту последовательность на *файлы сегментов* WAL, которые обычно имеют размер 16 МиБ (хотя размер сегмента может быть изменён при initdb). Файлы сегментов получают цифровые имена, которые отражают их позицию в абстрактной последовательности WAL. Когда архивирование WAL не применяется, система обычно создаёт только несколько файлов сегментов и затем «перерабатывает» их, меняя номер в имени ставшего ненужным файла на больший. Предполагается, что файлы сегментов, содержимое которых предшествует последней контрольной точке, уже не представляют интереса и могут быть переработаны.

При архивировании данных WAL необходимо считывать содержимое каждого файла-сегмента, как только он заполняется, и сохранять эти данные куда-то, прежде чем файл-сегмент будет переработан и использован повторно. В зависимости от применения и доступного аппаратного обеспечения, возможны разные способы «сохранить данные куда-то»: можно скопировать файлы-сегменты в смонтированный по NFS каталог на другую машину, записать их на ленту (убедившись, что у вас есть способ идентифицировать исходное имя каждого файла) или собрать их в пакет и записать на CD, либо какие-то совсем другие варианты. Чтобы у администратора баз данных была гибкость в этом плане, PostgreSQL пытается не делать каких-либо предположений о том, как будет выполняться архивация. Вместо этого, PostgreSQL позволяет администратору указать команду оболочки, которая будет запускаться для копирования завершённого файла-сегмента в нужное место. Эта команда может быть простой как `cp`, а может вызывать сложный скрипт оболочки — это решать вам.

Чтобы включить архивирование WAL, установите в параметре конфигурации wal_level уровень `replica` (или выше), в archive_mode — значение `on`, и задайте желаемую команду оболочки в параметре archive_command. На практике эти параметры всегда задаются в файле `postgresql.conf`. В `archive_command` символы `%p` заменяются полным путём к файлу, подлежащему архивации, а `%f` заменяются только именем файла. (Путь задаётся относительно текущего рабочего каталога, т. е. каталога данных кластера). Если в команду нужно включить сам символ `%`, запишите `%%`. Простейшая команда, которая может быть полезна:

```
archive_command = 'test ! -f /mnt/server/archivedir/%f && cp %p /mnt/server/archivedir/
%f'  # Unix
archive_command = 'copy "%p" "C:\\server\\archivedir\\%f"'  # Windows
```

Она будет копировать архивируемые сегменты WAL в каталог /mnt/server/archivedir. (Команда дана как пример, а не как рекомендация, и может работать не на всех платформах.) После замены параметров `%p` и `%f` фактически запускаемая команда может выглядеть так:

```
test ! -f /mnt/server/archivedir/00000001000000A900000065 && cp
 pg_wal/00000001000000A900000065 /mnt/server/archivedir/00000001000000A900000065
```

Подобная команда будет генерироваться для каждого следующего архивируемого файла.

Команда архивирования будет запущена от имени того же пользователя, от имени которого работает сервер PostgreSQL. Поскольку архивируемые последовательности файлов WAL фактически содержат всё, что есть в вашей базе данных, вам нужно будет защитить архивируемые данные от посторонних глаз; например, сохраните архив в каталог, чтение которого запрещено для группы и остальных пользователей.

Важно, чтобы команда архивирования возвращала нулевой код завершения, если и только если она завершилась успешно. Получив нулевой результат, PostgreSQL будет полагать, что файл успешно заархивирован и удалит его или переработает. Однако ненулевой код состояния скажет PostgreSQL, что файл не заархивирован; попытки заархивировать его будут периодически повторяться, пока это не удастся.

Команда архивирования обычно разрабатывается так, чтобы не допускать перезаписи любых существующих архивных файлов. Это важная мера безопасности, позволяющая сохранить целостность архива в случае ошибки администратора (например, если архивируемые данные двух разных серверов будут сохраняться в одном каталоге).

Рекомендуется протестировать команду архивирования, чтобы убедиться, что она действительно не перезаписывает существующие файлы и что она *возвращает ненулевое состояние в этом случае*. В показанной выше команде для Unix для этого добавлен отдельный шаг `test`. На некоторых платформах Unix у `cp` есть ключ `-i`, который позволяет сделать то же, но менее явно; но не проверив, какой код состояния при этом возвращается, полагаться на этот ключ не следует. (В частности, GNU `cp` возвратит нулевой код состояния, если используется ключ `-i` и целевой файл существует, а это *не то*, что нужно.)

Разрабатывая схему архивирования, подумайте, что произойдёт, если команда архивирования начнёт постоянно выдавать ошибку, потому что требуется вмешательство оператора или для архивирования не хватает места. Например, это может произойти, если вы записываете архивы на ленточное устройство без механизма автозамены; когда лента заполняется полностью, больше ничего архивироваться не будет, пока вы не замените кассету. Вы должны убедиться, что любые возникающие ошибки или обращения к человеку (оператору) обрабатываются так, чтобы проблема решалась достаточно быстро. Пока она не разрешится, каталог `pg_wal/` продолжит наполняться файлами-сегментами WAL. (Если файловая система, в которой находится каталог `pg_wal/` заполнится до конца, PostgreSQL завершит свою работу аварийно. Зафиксированные транзакции не потеряются, но база данных не будет работать, пока вы не освободите место.)

Не важно, с какой скоростью работает команда архивирования, если только она не ниже средней скорости, с которой сервер генерирует записи WAL. Обычно работа продолжается, даже если процесс архивирования немного отстаёт. Если же архивирование отстаёт значительно, это приводит к увеличению объёма данных, которые могут быть потеряны в случае аварии. При этом каталог `pg_wal/` будет содержать большое количество ещё не заархивированных файлов-сегментов, которые в конце концов могут занять всё доступное дисковое пространство. Поэтому рекомендуется контролировать процесс архивации и следить за тем, чтобы он выполнялся как задумано.

При написании команды архивирования вы должны иметь в виду, что имена файлов для архивирования могут иметь длину до 64 символов и содержать любые комбинации из цифр, точек и букв ASCII. Сохранять исходный относительный путь (`%p`) необязательно, но необходимо сохранять имя файла (`%f`).

Обратите внимание, что хотя архивирование WAL позволяет сохранить любые изменения данных, произведённые в базе данных PostgreSQL, оно не затрагивает изменения, внесённые в конфигурационные файлы (такие как `postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и `pg_ident.conf`), поскольку эти изменения выполняются вручную, а не через SQL. Поэтому имеет смысл разместить конфигурационные файлы там, где они будут заархивированы обычными процедурами копирования файлов. Как перемещать конфигурационные файлы, рассказывается в Разделе 19.2.

Команда архивирования вызывается, только когда сегмент WAL заполнен до конца. Таким образом, если сервер постоянно генерирует небольшой трафик WAL (или есть продолжительные периоды, когда это происходит), между завершением транзакций и их безопасным сохранением в архиве может образоваться большая задержка. Чтобы ограничить время жизни неархивированных данных, можно установить archive_timeout, чтобы сервер переключался на новый файл сегмента WAL как минимум с заданной частотой. Заметьте, что неполные файлы, архивируемые досрочно из-за принудительного переключения по тайм-ауту, будут иметь тот же размер, что и заполненные файлы. Таким образом, устанавливать очень маленький `archive_timeout` неразумно — это приведёт к замусориванию архивного хранилища. Обычно подходящее значение `archive_timeout` — минута или около того.

Также вы можете принудительно переключить сегмент WAL вручную с помощью `pg_switch_wal`, если хотите, чтобы только что завершённая транзакция заархивировалась как можно скорее. Другие полезные функции, относящиеся к управлению WAL, перечисляются в Таблице 9.85.

Когда `wal_level` имеет значение `minimal`, некоторые команды SQL выполняются в обход журнала WAL, как описывается в Подразделе 14.4.7. Если архивирование или потоковая репликация были включены во время выполнения таких операторов, WAL не будет содержать информацию, необходимую для восстановления. (На восстановление после краха это не распространяется). Поэтому `wal_level` можно изменить только при запуске сервера. Однако для изменения команды `archive_command` достаточно перезагрузить файл конфигурации. Если вы хотите на время остановить архивирование, это можно сделать, например, задав в качестве значения `archive_command` пустую строку (''). В результате файлы WAL будут накапливаться в каталоге `pg_wal/`, пока не будет восстановлена действующая команда `archive_command`.

25.3.2. Создание базовой резервной копии

Проще всего получить базовую резервную копию, используя программу pg_basebackup. Эта программа сохраняет базовую копию в виде обычных файлов или в архиве tar. Если гибкости pg_basebackup не хватает, вы также можете получить базовую резервную копию, используя низкоуровневый API (см. Подраздел 25.3.3).

Продолжительность создания резервной копии обычно не имеет большого значения. Однако если вы эксплуатируете сервер с отключённым режимом `full_page_writes`, вы можете заметить падение производительности в процессе резервного копирования, так как режим `full_page_writes` включается принудительно на время резервного копирования.

Чтобы резервной копией можно было пользоваться, нужно сохранить все файлы сегментов WAL, сгенерированные во время и после копирования файлов. Для облегчения этой задачи, процесс создания базовой резервной копии записывает *файл истории резервного копирования*, который немедленно сохраняется в области архивации WAL. Данный файл получает имя по имени файла первого сегмента WAL, который потребуется для восстановления скопированных файлов. Например, если начальный файл WAL назывался `0000000100001234000055CD`, файл истории резервного копирования получит имя `0000000100001234000055CD.007C9330.backup`. (Вторая часть имени файла обозначает точную позицию внутри файла WAL и обычно может быть проигнорирована.) Как только вы заархивировали копии файлов данных и файлов сегментов WAL, полученных в процессе копирования (по сведениям в файле истории резервного копирования), все заархивированные сегменты WAL с именами, меньшими по номеру, становятся ненужными для восстановления файловой копии и могут быть удалены. Но всё же рассмотрите возможность хранения нескольких наборов резервных копий, чтобы быть абсолютно уверенными, что вы сможете восстановить ваши данные.

Файл истории резервного копирования — это просто небольшой текстовый файл. В него записывается метка, которая была передана pg_basebackup, а также время и текущие сегменты WAL в момент начала и завершения резервной копии. Если вы связали с данной меткой соответствующий файл дампа, то заархивированного файла истории достаточно, чтобы найти файл дампа, нужный для восстановления.

Поскольку необходимо хранить все заархивированные файлы WAL с момента последней базовой резервной копии, интервал базового резервного копирования обычно выбирается в зависимости от того, сколько места может быть выделено для архива файлов WAL. Также стоит отталкиваться от того, сколько вы готовы ожидать восстановления, если оно понадобится — системе придётся воспроизвести все эти сегменты WAL, а этот процесс может быть долгим, если с момента последней базовой копии прошло много времени.

25.3.3. Создание базовой резервной копии через низкоуровневый API

Процедура создания базовой резервной копии с использованием низкоуровневого API содержит чуть больше шагов, чем метод pg_basebackup, но всё же относительно проста. Очень важно, чтобы эти шаги выполнялись по порядку, и следующий шаг выполнялся, только если предыдущий успешен.

Резервное копирование на низком уровне можно произвести в монопольном или немонопольном режиме. Рекомендуется применять немонопольный метод, а монопольный считается устаревшим и в конце концов будет ликвидирован.

25.3.3.1. Немонопольное резервное копирование на низком уровне

Немонопольное резервное копирование позволяет параллельно запускать другие процессы копирования (используя тот же API или pg_basebackup).

1. Убедитесь, что архивирование WAL включено и работает.
2. Подключитесь к серверу (к любой базе данных) как пользователь с правами на выполнение pg_start_backup (суперпользователь или пользователь, которому дано право EXECUTE для этой функции) и выполните команду:

   ```
   SELECT pg_start_backup('label', false, false);
   ```

   где `label` — любая метка, по которой можно однозначно идентифицировать данную операцию резервного копирования. Соединение, через которое вызывается `pg_start_backup`, должно поддерживаться до окончания резервного копирования, иначе этот процесс будет автоматически прерван.

   По умолчанию `pg_start_backup` может выполняться длительное время. Это объясняется тем, что функция выполняет контрольную точку, а операции ввода/вывода, требуемые для этого, распределяются в интервале времени, по умолчанию равном половине интервала между контрольными точками (см. параметр checkpoint_completion_target). Обычно это вполне приемлемо, так как при этом минимизируется влияние на выполнение других запросов. Если же вы хотите начать резервное копирование максимально быстро, передайте во втором параметре `true`. В этом случае контрольная точка будет выполнена немедленно без ограничения объёма ввода/вывода.

   Третий параметр, имеющий значение `false`, указывает `pg_start_backup` начать немонопольное базовое копирование.

3. Скопируйте файлы, используя любое удобное средство резервного копирования, например, tar или cpio (не pg_dump или pg_dumpall). В процессе копирования останавливать работу базы данных не требуется, это ничего не даёт. В Подразделе 25.3.3.3 описано, что следует учитывать в процессе копирования.

4. Через то же подключение, что и раньше, выполните команду:

   ```
   SELECT * FROM pg_stop_backup(false, true);
   ```

   При этом сервер выйдет из режима резервного копирования. Ведущий сервер вместе с этим автоматически переключится на следующий сегмент WAL. На ведомом автоматическое переключение сегментов WAL невозможно, поэтому вы можете выполнить `pg_switch_wal` на ведущем, чтобы произвести переключение вручную. Такое переключение позволяет получить готовый к архивированию последний сегмент WAL, записанный в процессе резервного копирования.

   Функция `pg_stop_backup` возвратит одну строку с тремя значениями. Второе из них нужно записать в файл `backup_label` в корневой каталог резервной копии. Третье значение, если оно не пустое, должно быть записано в файл `tablespace_map`. Эти файлы крайне важны для восстановления копии и должны записываться байт за байтом без изменений, для чего может потребоваться открыть файл в двоичном редакторе.

5. После этого останется заархивировать файлы сегментов WAL, активных во время создания резервной копии, и процедура резервного копирования будет завершена. Функция `pg_stop_backup` в первом значении результата указывает, какой последний сегмент требуется для формирования полного набора файлов резервной копии. На ведущем сервере, если включён режим архивации (параметр `archive_mode`) и аргумент `wait_for_archive` равен `true`, функция `pg_stop_backup` не завершится, пока не будет заархивирован последний сегмент. На ведомом значением `archive_mode` должно быть `always`, чтобы `pg_stop_backup` ожидала архивации. Эти файлы будут заархивированы автоматически, поскольку также должна быть настроена команда `archive_command`. Чаще всего это происходит быстро, но мы советуем наблюдать за системой архивации и проверять, не возникают ли задержки. Если архивирование остановится из-за ошибок команды архивации, попытки архивации будут продолжаться до успешного завершения, и только тогда резервное копирование окончится. Если вы хотите ограничить время выполнения `pg_stop_backup`, установите соответствующее значение в `statement_timeout`, но заметьте, что в случае прерывания `pg_stop_backup` по времени резервная копия может оказаться негодной.

   Если в процедуре резервного копирования предусмотрено отслеживание и архивация всех файлов сегментов WAL, необходимых для резервной копии, то в аргументе `wait_for_archive` (по умолчанию равном true) можно передать false, чтобы функция `pg_stop_backup` завершилась сразу, как только в WAL будет помещена запись о завершении копирования. По умолчанию `pg_stop_backup` будет ждать окончания архивации всех файлов WAL, что может занять некоторое время. Использовать этот параметр следует с осторожностью: если архивация WAL не контролируется, в резервной копии могут оказаться не все необходимые файлы WAL и её нельзя будет восстановить.

25.3.3.2. Монопольное резервное копирование на низком уровне

> **Примечание**
>
> Монопольное резервное копирование считается устаревшим, так что от него следует отказаться. До PostgreSQL 9.6 это был единственный возможный метод низкоуровневого копирования, но сейчас пользователям рекомендуется по возможности подкорректировать свои скрипты и перейти к использованию немонопольного варианта.

Монопольное резервное копирование во многом похоже на немонопольное, но имеет несколько важных отличий. Такое копирование можно произвести только на ведущем сервере, и оно исключает одновременное выполнение других процессов копирования. Более того, так как при таком копировании на ведущем создаётся файл с меткой резервного копирования, как описано ниже, сервер может не перезапуститься автоматически в случае сбоя. С другой стороны, ошибочное удаление этого файла из резервной копии или с ведомого сервера, что наблюдается нередко, может повлечь серьёзное повреждение данных. Если всё-таки необходимо использовать именно этот вариант, вы можете произвести следующие действия.

1. Убедитесь, что архивирование WAL включено и работает.
2. Подключитесь к серверу (к любой базе данных) как пользователь с правами на выполнение pg_start_backup (суперпользователь или пользователь, которому дано право EXECUTE для этой функции) и выполните команду:

   ```
   SELECT pg_start_backup('label');
   ```

   где `label` — любая метка, по которой можно однозначно идентифицировать данную операцию резервного копирования. Функция `pg_start_backup` создаёт в каталоге кластера файл *метки резервного копирования*, называемый `backup_label`, в который помещается информация о резервной копии, включающая время начала и строку метки. Эта функция также создаёт в каталоге кластера файл *карты табличных пространств*, называемый `tablespace_map`, с информацией о символических ссылках табличных пространств в `pg_tblspc/`, если такие ссылки есть. Оба файла важны для целостности резервных копии и понадобятся при восстановлении.

   По умолчанию `pg_start_backup` может выполняться длительное время. Это объясняется тем, что функция выполняет контрольную точку, а операции ввода/вывода, требуемые для этого, распределяются в интервале времени, по умолчанию равном половине интервала между контрольными точками (см. параметр checkpoint_completion_target). Обычно это вполне приемлемо, так как при этом минимизируется влияние на выполнение других запросов. Если же вы хотите начать резервное копирование максимально быстро, выполните:

   ```
   SELECT pg_start_backup('label', true);
   ```

   При этом контрольная точка будет выполнена как можно скорее.
3. Скопируйте файлы, используя любое удобное средство резервного копирования, например, tar или cpio (не pg_dump или pg_dumpall). В процессе копирования останавливать работу базы данных не требуется, это ничего не даёт. В Подразделе 25.3.3.3 описано, что следует учитывать в процессе копирования.

   Как отмечено выше, если в процессе резервного копирования произойдёт сбой сервера, попытки перезапустить его могут быть безуспешными, пока файл `backup_label` не будет вручную удалён из каталога `PGDATA`. Заметьте, что для восстановления резервной копии, наоборот, удалять файл `backup_label` категорически нельзя, иначе данные будут повреждены. Именно отсутствие чёткого понимания, когда следует удалять этот файл, является распространённой причиной повреждения данных при использовании этого метода. Поэтому важно не ошибиться, и удалять этот файл только на работающим ведущем сервере, но ни в коем случае не удалять его при восстановлении резервной копии или создании резервного сервера, даже если вы планируете впоследствии сделать его новым ведущим.
4. Снова подключитесь к базе данных как пользователь с правами на выполнение pg_stop_backup (суперпользователь или пользователь, которому дано право EXECUTE для этой функции) и выполните команду:

   ```
   SELECT pg_stop_backup();
   ```

   Эта функция завершит режим резервного копирования и автоматически переключится на следующий сегмент WAL. Это переключение выполняется для того, чтобы файл последнего сегмента WAL, записанного во время копирования, был готов к архивации.
5. После этого останется заархивировать файлы сегментов WAL, активных во время создания резервной копии, и процедура резервного копирования будет завершена. Функция `pg_stop_backup` возвращает указание на файл последнего сегмента, который требуется для формирования полного набора файлов резервной копии. Если включён режим архивации (параметр `archive_mode`), функция `pg_stop_backup` не завершится, пока не будет заархивирован последний сегмент. В этом случае файлы будут заархивированы автоматически, поскольку также должна быть настроена команда `archive_command`. Чаще всего это происходит быстро, но мы советуем наблю-

дать за системой архивации и проверять, не возникают ли задержки. Если архивирование остановится из-за ошибок команды архивации, попытки архивации будут продолжаться до успешного завершения, и только тогда резервное копирование окончится.

Производя резервное копирование в монопольном режиме, крайне важно обеспечить выполнение функции `pg_stop_backup` в конце этой процедуры. Даже в случае прерывания собственно резервного копирования, например, из-за нехватки места на диске, если не вызвать `pg_stop_backup`, сервер останется в режиме копирования. В результате, если файл `backup_label` не удалить, будет невозможно выполнить следующие процедуры резервного копирования и появится угроза отказа при перезапуске.

25.3.3.3. Копирование каталога данных

Некоторые средства резервного копирования файлов выдают предупреждения или ошибки, если файлы, которые они пытаются скопировать, изменяются в процессе копирования. При получении базовой резервной копии активной базы данных это вполне нормально и не является ошибкой. Однако вам нужно знать, как отличить ошибки такого рода от реальных ошибок. Например, некоторые версии rsync возвращают отдельный код завершения для ситуации «исчезнувшие исходные файлы», и вы можете написать управляющий скрипт, который примет этот код как не ошибочный. Также некоторые версии GNU tar возвращают код завершения, неотличимый от кода критической ошибки, если файл был усечён, когда tar копировал его. К счастью, GNU tar версий 1.16 и более поздних завершается с кодом 1, если файл был изменён во время копирования, и 2 в случае других ошибок. С GNU tar версии 1.23 и более поздними, вы можете использовать следующие ключи `--warning=no-file-changed --warning=no-file-removed`, чтобы скрыть соответствующие предупреждения.

Убедитесь, что ваша резервная копия включает все файлы из каталога кластера баз данных (например, `/usr/local/pgsql/data`). Если вы используете табличные пространства, которые находятся не внутри этого каталога, не забудьте включить и их в резервную копию (также важно, чтобы при создании резервной копии символьные ссылки сохранялись как ссылки, иначе табличные пространства будут повреждены при восстановлении).

Однако следует исключить из резервной копии файлы в подкаталоге данных кластера `pg_wal/`. Эту небольшую корректировку стоит внести для снижения риска ошибок при восстановлении. Это легко организовать, если `pg_wal/` — символическая ссылка на каталог за пределами каталога данных (так часто делают из соображений производительности). Также имеет смысл исключить файлы `postmaster.pid` и `postmaster.opts`, содержащие информацию о работающем процессе postmaster (а не о том процессе postmaster, который будет восстанавливать эту копию). (Эти файлы могут ввести pg_ctl в заблуждение.)

Часто также стоит исключать из резервной копии каталог `pg_replslot/` кластера, чтобы слоты репликации, существующие на главном сервере, не попадали в копию. В противном случае при последующем восстановлении копии на резервном сервере может получиться так, что он будет неограниченно долго сохранять файлы WAL, а главный не будет очищаться, если он следит за горячим резервом, так как клиенты этих слотов репликации будут продолжать подключаться и изменять состояние слотов на главном, а не резервном сервере. Даже если резервная копия предназначена только для создания нового главного сервера, копирование слотов репликации вряд ли принесёт пользу, так как к моменту включения в работу этого нового сервера содержимое этих слотов станет абсолютно неактуальным.

Содержимое каталогов `pg_dynshmem/`, `pg_notify/`, `pg_serial/`, `pg_snapshots/`, `pg_stat_tmp/` и `pg_subtrans/` (но не сами эти каталоги) можно исключить из резервной копии, так как оно будет инициализировано при запуске главного процесса. Если переменная stats_temp_directory установлена и указывает на подкаталог внутри каталога данных, содержимое этого подкаталога также можно не копировать.

Из резервной копии можно исключить и файлы и подкаталоги с именами, начинающимся с `pgsql_tmp`. Эти файлы удаляются при запуске главного процесса, а каталоги создаются по мере необходимости.

Из резервной копии могут быть исключены файлы pg_internal.init. Такие файлы содержат кешируемые данные отношения и всегда перестраиваются при восстановлении.

В файл метки резервной копии записывается строка метки, заданная при вызове pg_start_backup, время запуска функции pg_start_backup и имя начального файла WAL. Таким образом, в случае сомнений можно заглянуть внутрь архива резервной копии и точно определить, в каком сеансе резервного копирования он был создан. Файл карты табличных пространств содержит имена символических ссылок, как они существуют в каталоге pg_tblspc/, и полный путь каждой символической ссылки. Эти файлы не только к вашему сведению; их существование и содержание важны для правильного проведения процесса восстановления системы.

Вы также можете создать резервную копию, когда сервер остановлен. В этом случае, вы, очевидно, не сможете вызвать pg_start_backup или pg_stop_backup, и следовательно, вам надо будет самостоятельно как-то идентифицировать резервные копии и понимать, какие файлы WAL должны быть заархивированы. Поэтому обычно всё-таки лучше следовать вышеописанной процедуре непрерывного архивирования.

25.3.4. Восстановление непрерывной архивной копии

Допустим, худшее случилось, и вам необходимо восстановить базу данных из резервной копии. Порядок действий таков:

1. Остановите сервер баз данных, если он запущен.
2. Если у вас есть место для этого, скопируйте весь текущий каталог кластера баз данных и все табличные пространства во временный каталог на случай, если они вам понадобятся. Учтите, что эта мера предосторожности требует, чтобы свободного места на диске было достаточно для размещения двух копий существующих данных. Если места недостаточно, необходимо сохранить как минимум содержимое подкаталога pg_wal каталога кластера, так как он может содержать журналы, не попавшие в архив перед остановкой системы.
3. Удалите все существующие файлы и подкаталоги из каталога кластера и из корневых каталогов используемых табличных пространств.
4. Восстановите файлы базы данных из резервной копии файлов. Важно, чтобы у восстановленных файлов были правильные разрешения и правильный владелец (пользователь, запускающий сервер, а не root!). Если вы используете табличные пространства, убедитесь также, что символьные ссылки в pg_tblspc/ восстановились корректно.
5. Удалите все файлы из pg_wal/; они восстановились из резервной копии файлов и поэтому, скорее всего, будут старее текущих. Если вы вовсе не архивировали pg_wal/, создайте этот каталог с правильными правами доступа, но если это была символьная ссылка, восстановите её.
6. Если на шаге 2 вы сохранили незаархивированные файлы с сегментами WAL, скопируйте их в pg_wal/. (Лучше всего именно копировать, а не перемещать их, чтобы у вас остались неизменённые файлы на случай, если возникнет проблема и всё придётся начинать сначала.)
7. Установите параметры восстановления в postgresql.conf (см. Подраздел 19.5.4) и создайте файл recovery.signal в каталоге данных кластера. Вы можете также временно изменить pg_hba.conf, чтобы обычные пользователи не могли подключиться, пока вы не будете уверены, что восстановление завершилось успешно.
8. Запустите сервер. Сервер запустится в режиме восстановления и начнёт считывать необходимые ему архивные файлы WAL. Если восстановление будет прервано из-за внешней ошибки, сервер можно просто перезапустить и он продолжит восстановление. По завершении процесса восстановления сервер удалит файл recovery.signal (чтобы предотвратить повторный запуск режима восстановления), а затем перейдёт к обычной работе с базой данных.
9. Просмотрите содержимое базы данных, чтобы убедиться, что вы вернули её к желаемому состоянию. Если это не так, вернитесь к шагу 1. Если всё хорошо, разрешите пользователям подключаться к серверу, восстановив обычный файл pg_hba.conf.

Ключевой момент этой процедуры заключается в создании конфигурации восстановления, описывающей, как будет выполняться восстановление и до какой точки. Единственное, что совершенно необходимо задать — это команду `restore_command`, которая говорит PostgreSQL, как получать из архива файл-сегменты WAL. Как и `archive_command`, это командная строка для оболочки. Она может содержать символы `%f`, которые заменятся именем требующегося файла журнала, и `%p`, которые заменятся целевым путём для копирования этого файла. (Путь задаётся относительно текущего рабочего каталога, т. е. каталога кластера данных.) Если вам нужно включить в команду сам символ `%`, напишите `%%`. Простейшая команда, которая может быть полезна, такая:

```
restore_command = 'cp /mnt/server/archivedir/%f %p'
```

Эта команда копирует заархивированные ранее сегменты WAL из каталога `/mnt/server/archivedir`. Разумеется, вы можете использовать что-то более сложное, возможно, даже скрипт оболочки, который укажет оператору установить соответствующую ленту.

Важно, чтобы данная команда возвращала ненулевой код возврата в случае ошибки. Эта команда *будет* вызываться и с запросом файлов, отсутствующих в архиве; в этом случае она должна вернуть ненулевое значение и это считается штатной ситуацией. В исключительной ситуации, когда команда была прервана сигналом (кроме SIGTERM, который применяется в процессе остановки сервера базы данных) или произошла ошибка оболочки (например, команда не найдена), восстановление будет прервано и сервер не запустится.

Не все запрашиваемые файлы будут сегментами WAL; следует также ожидать запросов файлов с суффиксом `.history`. Также учтите, что базовое имя пути `%p` будет отличаться от `%f`; не думайте, что они взаимозаменяемы.

Сегменты WAL, которые не найдутся в архиве, система будет искать в `pg_wal/`; благодаря этому можно использовать последние незаархивированные сегменты. Однако файлы в `pg_wal/` будут менее предпочтительными, если такие сегменты окажутся в архиве.

Обычно при восстановлении обрабатываются все доступные сегменты WAL и, таким образом, база данных восстанавливается до последнего момента времени (или максимально близкого к нему, в зависимости от наличия сегментов WAL). Таким образом, восстановление обычно завершается с сообщением «файл не найден»; точный текст сообщения об ошибке зависит от того, что делает `restore_command`. Вы также можете увидеть сообщение об ошибке в начале восстановления для файла с именем типа `00000001.history`. Это также нормально и обычно не говорит о какой-либо проблеме при восстановлении в простых ситуациях; подробнее об этом рассказывается в Подразделе 25.3.5.

Если вы хотите восстановить базу на какой-то момент времени (скажем, до момента, когда неопытный администратор базы данных удалил основную таблицу транзакций), просто укажите требуемую точку остановки. Вы можете задать эту точку, иначе называемую «целью восстановления», по дате/времени, именованной точке восстановления или определённому идентификатору транзакции. На момент написания этой документации полезными могут быть только указания даты/времени или имени точки восстановления, пока нет никаких средств, позволяющих точно определить, какой идентификатор транзакции нужно выбрать.

Примечание

Точка останова должна указывать на момент после окончания базового копирования, т. е. после времени завершения `pg_stop_backup`. Использовать базовую резервную копию для восстановления на момент времени, когда она ещё только создавалась, нельзя. (Чтобы восстановить данные на этот момент времени, придётся вернуться к предыдущей базовой резервной копии и накатывать изменения с этой позиции.)

Если при восстановлении обнаруживаются повреждённые данные WAL, восстановление прерывается в этом месте и сервер не запускается. В этом случае процесс восстановления можно перезапустить с начала, указав «цель восстановления» до точки повреждения, чтобы восстановление могло завершиться нормально. Если восстановление завершается ошибкой из-за внешней причины, например, из-за краха системы или недоступности архива WAL, его можно просто перезапустить, и оно продолжится с того места, где было прервано. Перезапуск восстановления реализован по тому же принципу, что и контрольные точки при обычной работе: сервер периодически сохраняет всё текущее состояние на диске и отражает это в файле `pg_control`, чтобы уже обработанные данные WAL не приходилось сканировать снова.

25.3.5. Линии времени

Возможность восстановить базу данных на некий предыдущий момент времени создаёт некоторые сложности, сродни научно-фантастическим историям о путешествиях во времени и параллельных мирах. Например, предположим, что в начальной истории базы данных вы удалили важную таблицу в 17:15 во вторник, но осознали эту ошибку только в среду в полдень. Вы можете спокойно взять резервную копию, восстановить данные на 17:14 во вторник и запустить сервер. В *этой* истории мира базы данных вы никогда не удаляли вышеупомянутую таблицу. Но предположим, что позже вы заметили, что это была не такая уж хорошая идея и захотели вернуться к утру среды в первоначальной истории базы данных. Вы не сможете сделать это, если в процессе работы базы данных она успеет перезаписать какие-либо файлы-сегменты WAL, приводящие к моменту времени, к которому вы хотите вернуться теперь. Таким образом, для получения желаемого результата необходимо как-то отличать последовательности записей WAL, добавленные после восстановления на какой-то момент времени от тех, что существовали в начальной истории базы данных.

Для решения этой проблемы в PostgreSQL есть такое понятие, как *линия времени*. Всякий раз, когда завершается восстановление из архива, создаётся новая линия времени, позволяющая идентифицировать последовательность записей WAL, добавленных после этого восстановления. Номер линии времени включается в имя файлов-сегментов WAL, так что файлы новой линии времени не перезаписывают файлы WAL, сгенерированные предыдущими линиями времени. Фактически это позволяет архивировать много различных линий времени. Хотя это может показаться бесполезной возможностью, на самом деле она часто бывает спасительной. Представьте, что вы не определились, какую точку времени выбрать для восстановления, и таким образом должны проводить восстановление методом проб и ошибок, пока не найдёте лучший момент для ответвления от старой истории. Без линий времени этот процесс быстро стал бы очень запутанным. А благодаря линиям времени, вы можете вернуться к *любому* предыдущему состоянию, включая состояния в ветках линий времени, покинутых ранее.

Каждый раз, когда образуется новая линия времени, PostgreSQL создаёт файл «истории линии времени», показывающий, от какой линии времени ответвилась данная и когда. Эти файлы истории нужны, чтобы система могла выбрать правильные файлы-сегменты WAL при восстановлении из архива, содержащего несколько линий времени. Таким образом, они помещаются в область архивов WAL так же, как и файлы сегментов WAL. Файлы истории представляют собой небольшие текстовые файлы, так что они не занимают много места и их вполне можно сохранять неограниченно долго (в отличие от файлов сегментов, имеющих большой размер). Если хотите, вы можете добавлять в файл истории комментарии, свои собственные заметки о том, как и почему была создана эта конкретная линия времени. Такие комментарии будут особенно ценны, если в результате экспериментов у вас образуется хитросплетение разных линий времени.

По умолчанию восстановление осуществляется до самой последней линии времени, найденной в архиве. Если вы хотите восстановить состояние на линии времени, которая была текущей, когда создавалась копия, либо на какой-либо дочерней линии времени (то есть хотите вернуться к некоторому состоянию, которое тоже было получено в результате попытки восстановления), вам необходимо указать `current` или идентификатор целевой линии времени в recovery_target_timeline. Восстановить состояние на линии времени, ответвившейся раньше, чем была сделана базовая резервная копия, нельзя.

25.3.6. Советы и примеры

Ниже мы дадим несколько советов по настройке непрерывного архивирования.

25.3.6.1. Обособленные горячие резервные копии

Средства резервного копирования PostgreSQL можно применять для создания обособленных горячих копий. Эти копии нельзя использовать для восстановления на момент времени, но создаются и восстанавливаются они обычно гораздо быстрее, чем дампы pg_dump. (Они также намного больше, чем дампы pg_dump, так что в некоторых случаях выигрыш в скорости может быть потерян.)

Как и базовые резервные копии, обособленную горячую копию проще всего получить, используя программу pg_basebackup. Если вы вызовете эту программу с параметром `-X`, в эту копию автоматически будет включён весь журнал предзаписи, необходимый для её использования, так что никакие особые действия для восстановления не потребуются.

Если нужна дополнительная гибкость в процессе копирования файлов, создавать обособленные горячие копии можно также на более низком уровне. Чтобы подготовиться к получению такой копии на низком уровне, установите в `wal_level` уровень `replica` (или выше), в `archive_mode` значение `on` и настройте команду `archive_command`, которая будет выполнять архивацию, только когда существует *файл-переключатель*. Например:

```
archive_command = 'test ! -f /var/lib/pgsql/backup_in_progress || (test ! -f /var/lib/
pgsql/archive/%f && cp %p /var/lib/pgsql/archive/%f)'
```

Данная команда выполнит архивацию, если будет существовать файл `/var/lib/pgsql/backup_in_progress`, а в противном случае просто вернёт нулевой код возврата (и тогда PostgreSQL сможет переработать ненужный файл WAL).

После такой подготовки резервную копию можно создать, например таким скриптом:

```
touch /var/lib/pgsql/backup_in_progress
psql -c "select pg_start_backup('hot_backup');"
tar -cf /var/lib/pgsql/backup.tar /var/lib/pgsql/data/
psql -c "select pg_stop_backup();"
rm /var/lib/pgsql/backup_in_progress
tar -rf /var/lib/pgsql/backup.tar /var/lib/pgsql/archive/
```

Сначала создаётся файл-переключатель `/var/lib/pgsql/backup_in_progress`, включающий архивирование заполненных файлов WAL. По окончании резервного копирования файл-переключатель удаляется. Затем заархивированные файлы WAL тоже добавляются в резервную копию, так что в одном архиве tar оказывается и базовая резервная копия, и все требуемые файлы WAL. Пожалуйста, не забудьте добавить в ваши скрипты резервного копирования обработку ошибок.

25.3.6.2. Сжатие журналов в архиве

Если размер архива имеет большое значение, можно воспользоваться gzip и сжимать архивные файлы:

```
archive_command = 'gzip < %p > /var/lib/pgsql/archive/%f'
```

При этом для восстановления придётся использовать gunzip:

```
restore_command = 'gunzip < /mnt/server/archivedir/%f > %p'
```

25.3.6.3. Скрипты `archive_command`

Многие в качестве команды `archive_command` используют скрипты, так что запись в `postgresql.conf` оказывается очень простой:

```
archive_command = 'local_backup_script.sh "%p" "%f"'
```

Применять отдельный файла скрипта целесообразно всегда, когда вы хотите использовать в процедуре архивирования несколько команд. Это позволяет управлять сложностью этой процедуры в рамках одного скрипта, который можно написать на любом популярном языке скриптов, например на bash или perl.

В частности, с помощью скриптов можно решить такие задачи:

- Копирование данных в безопасное внешнее хранилище
- Пакетная обработка файлов WAL, чтобы они передавались каждые три часа, а не по одному
- Взаимодействие с другими приложениями резервного копирования и восстановления

- Взаимодействие со средствами мониторинга, регистрация ошибок

> **Подсказка**
>
> Когда в archive_command используется скрипт, желательно включить logging_collector. Тогда все сообщения, которые скрипт выведет в stderr, будут записываться в журнал сервера баз данных, что позволит легко диагностировать ошибки в сложных конфигурациях.

25.3.7. Ограничения

На момент написания документации методика непрерывного архивирования имеет несколько ограничений. Они могут быть ликвидированы в будущих версиях:

- Если во время создания базовой резервной копии выполняется команда CREATE DATABASE, а затем база-шаблон, задействованная в CREATE DATABASE, изменяется, пока продолжается копирование, возможно, что при восстановлении эти изменения распространятся также и на созданную базу данных. Конечно, это нежелательно. Во избежание подобных рисков, лучше всего не изменять никакие базы-шаблоны во время получения базовой резервной копии.
- Команды CREATE TABLESPACE записываются в WAL с абсолютным путём и, таким образом, при воспроизведении WAL будут выполнены с тем же абсолютным путём. Это может быть нежелательно, если журнал воспроизводится на другой машине. Но опасность есть, даже если журнал воспроизводится на той же машине, но в другом каталоге данных: при воспроизведении будет так же перезаписано содержимое исходных табличных пространств. Чтобы избежать потенциальных проблем такого рода, лучше всего делать новую базовую резервную копию после создания или удаления табличных пространств.

Также следует заметить, что стандартный формат WAL не очень компактный, так как включает много снимков дисковых страниц. Эти снимки страниц предназначены для поддержки восстановления после сбоя, на случай, если понадобится исправить страницы, записанные на диск частично. В зависимости от аппаратного и программного обеспечения вашей системы, риск частичной записи может быть достаточно мал, так что его можно игнорировать, и в этом случае можно существенно уменьшить общий объём архивируемых журналов, выключив снимки страниц с помощью параметра full_page_writes. (Прежде чем делать это, прочтите замечания и предупреждения в Главе 29.) Выключение снимков страниц не препятствует использованию журналов для восстановления PITR. Одним из направлений разработки в будущем является сжатие архивируемых данных WAL путём удаления ненужных копий страниц даже при включённом режиме full_page_writes. Тем временем администраторы могут сократить количество снимков страниц, включаемых в WAL, увеличив параметры интервала контрольных точек в разумных пределах.

Глава 26. Отказоустойчивость, балансировка нагрузки и репликация

Серверы базы данных могут работать совместно для обеспечения возможности быстрого переключения на другой сервер в случае отказа первого (отказоустойчивость) или для обеспечения возможности нескольким серверам БД обрабатывать один набор данных (балансировка нагрузки). В идеале, серверы БД могут работать вместе прозрачно для клиента. Веб-серверы, обрабатывающие статические страницы, можно совместить достаточно легко посредством простого распределения запросов на несколько машин. Фактически серверы баз данных только для чтения тоже могут быть совмещены достаточно легко. К сожалению, большинство серверов баз данных получают смешанные запросы на чтение/запись, а серверы с доступом на чтение/запись совместить гораздо сложнее. Это объясняется тем, что данные только для чтения достаточно единожды разместить на каждом сервере, а запись на любой из серверов должна распространиться на все остальные серверы, чтобы будущие запросы на чтение возвращали согласованные результаты.

Проблема синхронизации является главным препятствием для совместной работы серверов. Так как единственного решения, устраняющего проблему синхронизации во всех случаях, не существует, предлагается несколько решений. Разные решения подходят к проблеме по-разному и минимизируют её влияние в разных рабочих условиях.

Некоторые решения применяют синхронизацию, позволяя только одному серверу изменять данные. Сервер, который может изменять данные, называется сервером чтения/записи, *ведущим* или *главным* сервером. Сервер, который отслеживает изменения на ведущем, называется *ведомым* или *резервным* сервером. Резервный сервер, к которому нельзя подключаться до тех пор, пока он не будет повышен до главного, называется сервером *тёплого резерва*, а тот, который может принимать соединения и обрабатывать запросы только на чтение, называется сервером *горячего резерва*.

Некоторые решения являются синхронными, при которых транзакция, модифицирующая данные, не считается подтверждённой, пока все серверы не подтвердят транзакцию. Это гарантирует, что при отработке отказа не произойдёт потеря данных и что все балансирующие серверы возвращают целостные данные вне зависимости от того, к какому серверу был запрос. Асинхронное решение, напротив, допускает некоторую задержку между временем подтверждения транзакции и её передачей на другие серверы, допуская возможность, что некоторые транзакции могут быть потеряны в момент переключения на резервный сервер и что балансирующие серверы могут вернуть слегка устаревшие данные. Асинхронная передача используется, когда синхронная будет слишком медленной.

Решения могут так же разделяться по степени детализации. Некоторые решения работают только на уровне всего сервера БД целиком, в то время как другие позволяют работать на уровне таблиц или уровне БД.

В любом случае необходимо принимать во внимание быстродействие. Обычно выбирается компромисс между функциональностью и производительностью. Например, полностью синхронное решение в медленной сети может снизить производительность больше чем наполовину, в то время как асинхронное решение будет оказывать минимальное воздействие.

В продолжении этого раздела рассматриваются различные решения по организации отказоустойчивости, репликации и балансировки нагрузки.

26.1. Сравнение различных решений

Отказоустойчивость на разделяемых дисках

Отказоустойчивость на разделяемых дисках позволяет избежать избыточности синхронизации путём задействования только одной копии базы данных. Она использует единственный дисковый массив, который разделяется между несколькими серверами. Если основной сервер БД откажет, резервный сервер может подключиться и запустить базу данных, что позволит восстановить БД после аварии. Это обеспечивает быстрое переключение без потери данных.

Функциональность разделяемого оборудования обычно реализована в сетевых устройствах хранения. Так же возможно применение сетевой файловой системы; особое внимание следует уделить тому, чтобы поведение системы полностью соответствовало POSIX (см. Подраздел 18.2.2.1). Существенное ограничение этого метода состоит в том, что в случае отказа или порчи разделяемого дискового массива оба сервера: главный и резервный — станут нерабочими. Другая особенность — резервный сервер никогда не получает доступ к разделяемым дискам во время работы главного.

Репликация на уровне файловой системы (блочного устройства)

Видоизменённая версия функциональности разделяемого оборудования представлена в виде репликации на уровне файловой системы, когда все изменения в файловой системе отражаются в файловой системе другого компьютера. Единственное ограничение: синхронизация должна выполняться методом, гарантирующим целостность копии файловой системы на резервном сервере — в частности, запись на резервном сервере должна происходить в том же порядке, что и на главном. DRBD является популярным решением на основе репликации файловой системы для Linux.

Трансляция журнала предзаписи

Серверы тёплого и горячего резерва могут так же поддерживаться актуальными путём чтения потока записей из журнала изменений (WAL). Если основной сервер отказывает, резервный содержит почти все данные с него и может быть быстро преобразован в новый главный сервер БД. Это можно сделать синхронно или асинхронно, но может быть выполнено только на уровне сервера БД целиком.

Резервный сервер может быть реализован с применением трансляции файлов журналов (см. Раздел 26.2), или потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5), или их комбинацией. За информацией о горячем резерве обратитесь к Разделу 26.5.

Логическая репликация

В схеме с логической репликацией сервер баз данных может передавать поток изменений данных на другой сервер. Механизм логической репликации в PostgreSQL формирует поток логических изменений данных, обрабатывая WAL. Логическая репликация позволяет переносить изменения, происходящие только в отдельных таблицах. Для логической репликации не требуется, чтобы за определённым сервером закреплялась роль главного или реплицирующего; напротив, данные могут передаваться в разных направлениях. За дополнительными сведениями о логической репликации обратитесь к Главе 30. Используя интерфейс логического декодирования (Глава 48), подобную функциональность могут предоставлять и сторонние расширения.

Репликация главный-резервный на основе триггеров

При репликации главный-резервный все запросы, изменяющие данные, пересылаются главному серверу. Главный сервер, в свою очередь, асинхронно пересылает изменённые данные резервному. Резервный сервер может обрабатывать запросы только на чтение при работающем главном. Такой резервный сервер идеален для обработки запросов к хранилищам данных.

Slony-I является примером подобного типа репликации, действующей на уровне таблиц, и поддерживает множество резервных серверов. Так как обновления на резервных серверах происходят асинхронно (в пакетах), возможна потеря данных во время отказа.

Репликация SQL в среднем слое

В схеме с репликацией SQL в среднем слое, средний слой перехватывает каждый SQL-запрос и пересылает его на один или все серверы. Каждый сервер работает независимо. Модифицирующие запросы должны быть направлены всем серверам, чтобы каждый из них получал все изменения. Но читающие запросы могут посылаться только одному серверу, что позволяет перераспределить читающую нагрузку между всеми серверами.

Если запросы просто перенаправлять без изменений, функции подобные `random()`, `CURRENT_TIMESTAMP` и последовательности могут получить различные значения на разных серверах. Это происходит потому что каждый сервер работает независимо, а эти запросы неизбирательные (и действительно не изменяют строки). Если такая ситуация недопустима, или средний слой, или приложение должны запросить подобные значения с одного сервера, затем использовать его в других пишущих запросах. Другим способом является применения этого вида репликации совместно с другим традиционным набором репликации главный-резервный, то есть изменяющие данные запросы посылаются только на главный сервер, а затем применяются на резервном в процессе этой репликации, но не с помощью реплицирующего среднего слоя. Следует иметь в виду, что все транзакции фиксируются или прерываются на всех серверах, возможно с применением двухфазной фиксации (см. PREPARE TRANSACTION и COMMIT PREPARED). Репликацию такого типа реализуют, например Pgpool-II и Continuent Tungsten.

Асинхронная репликация с несколькими ведущими

Если серверы не находятся постоянно в единой сети или связаны низкоскоростным каналом, как например, ноутбуки или удалённые серверы, обеспечение согласованности данных между ними представляет проблему. Когда используется асинхронная репликация с несколькими ведущими серверами, каждый из них работает независимо и периодически связывается с другими серверами для определения конфликтующих транзакций. Конфликты могут урегулироваться пользователем или по правилам их разрешения. Примером такого типа репликации является Bucardo.

Синхронная репликация с несколькими ведущими

При синхронной репликации с несколькими ведущими серверами каждый сервер может принимать запросы на запись, а изменённые данные передаются с получившего их сервера всем остальным, прежде чем транзакция будет подтверждена. Если запись производится интенсивно, это может провоцировать избыточные блокировки и задержки при фиксации, что приводит к снижению производительности. Запросы на чтение могут быть обработаны любым сервером. В некоторых конфигурациях для более эффективного взаимодействия серверов применяются разделяемые диски. Синхронная репликация с несколькими ведущими лучше всего работает, когда преобладают операции чтения, хотя её большой плюс в том, что любой сервер может принимать запросы на запись — нет необходимости искусственно разделять нагрузку между главным и резервными серверами, а так как изменения передаются от одного сервера другим, не возникает проблем с недетерминированными функциями вроде `random()`.

PostgreSQL не предоставляет данный тип репликации, но так как PostgreSQL поддерживает двухфазное подтверждение транзакции (PREPARE TRANSACTION и COMMIT PREPARED) такое поведение может быть реализовано в коде приложения или среднего слоя.

Возможности представленных выше решений сравниваются в Таблице 26.1.

Таблица 26.1. Таблица свойств отказоустойчивости, балансировки нагрузки и репликации

Тип	**Разделяемый диск**	**Репл. файловой системы**	**Трансляция журнала предзаписи**	**Логическая репл.**	**Триггерная репл.**	**Репл. SQL в среднем слое**	**Асинхр. репл. с н. в.**	**Синхр. репл. с н. в.**
Известные примеры	NAS	DRBD	встроенная потоковая репл.	встроенная логическая репл., pglogical	Londiste, Slony	pgpool-II	Bucardo	
Метод взаим.	разделяемые диски	дисковые блоки	WAL	логическое декодирование	Строки таблицы	SQL	Строки таблицы	Строки таблицы и бло-

Тип	Разделяемый диск	Репл. файловой системы	Трансляция журнала предзаписи	Логическая репл.	Триггерная репл.	Репл. SQL в среднем слое	Асинхр. репл. с н. в.	Синхр. репл. с н. в.
								кировки строк
Не требуется специального оборудования		•	•	•	•	•	•	•
Допускается несколько ведущих серверов				•		•	•	•
Нет доп. нагрузки ведущего сервера	•		•	•		•		
Нет задержки при нескольких серверах	•		без синхр.	без синхр.	•		•	
Отказ ведущего сервера не может привести к потере данных	•	•	с синхр.	с синхр.		•		•
Сервер реплики принимает читающие запросы			с горячим резервом	•	•	•	•	•
Репликация на уровне таблиц				•	•		•	•
Не требуется разрешение конфликтов	•	•	•		•	•		•

Несколько решений, которые не подпадают под указанные выше категории:

Секционирование данных

При секционировании таблицы расщепляются на наборы данных. Каждый из наборов может быть изменён только на одном сервере. Например, данные могут быть секционированы по офисам, например, Лондон и Париж, с сервером в каждом офисе. В случае необходимости обращения одновременно к данным Лондона и Парижа, приложение может запросить оба сервера, или может быть применена репликация главный-резервный для предоставления копии только для чтения в другом офисе для каждого из серверов.

Выполнение параллельных запросов на нескольких серверах

Многие из описанных выше решений позволяют обрабатывать несколько запросов на нескольких серверах, но ни одно из них не поддерживает выполнение одного запроса на нескольких серверах, что позволило бы его ускорить. Данное же решение позволяет нескольким серверам обрабатывать один запрос одновременно. Для этого обычно данные разделяются между серверами, серверы выполняют свои части запросов, выдают результаты центральному серверу, а он, в свою очередь, объединяет полученные данные и выдаёт итоговый результат пользователю. Это решение может быть реализовано с применением набора средств PL/Proxy.

Также следует заметить, что так как код PostgreSQL открыт и легко расширяется, некоторые компании взяли за основу PostgreSQL и создали коммерческие решения с закрытым кодом со своими реализациями свойств отказоустойчивости, репликации и балансировки нагрузки. Эти решения здесь не рассматриваются.

26.2. Трансляция журналов на резервные серверы

Постоянная архивация может использоваться для создания кластерной конфигурации *высокой степени доступности* (HA) с одним или несколькими *резервными серверами*, способными заменить ведущий сервер в случае выхода его из строя. Такую реализацию отказоустойчивости часто называют *тёплый резерв* или *трансляция журналов*.

Ведущий и резервный серверы работают совместно для обеспечения этой возможности, при этом они связаны опосредованно. Ведущий сервер работает в режиме постоянной архивации изменений, в то время как каждый резервный сервер работает в режиме постоянного приёма архивных изменений, получая файлы WAL от ведущего. Для обеспечения этой возможности не требуется вносить изменения в таблицы БД, поэтому администрировать данное решение репликации проще, чем ряд других. Так же такая конфигурация относительно слабо влияет на производительность ведущего сервера.

Непосредственную передачу записей WAL с одного сервера БД на другой обычно называют трансляцией журналов (или доставкой журналов). PostgreSQL реализует трансляцию журналов на уровне файлов, передавая записи WAL по одному файлу (сегменту WAL) единовременно. Файлы WAL (размером 16 МБ) можно легко и эффективно передать на любое расстояние, будь то соседний сервер, другая система в местной сети или сервер на другом краю света. Требуемая пропускная способность при таком подходе определяется скоростью записи транзакций на ведущем сервере. Трансляция журналов на уровне записей более фрагментарная операция, при которой изменения WAL передаются последовательно через сетевое соединение (см. Подраздел 26.2.5).

Следует отметить, что трансляция журналов асинхронна, то есть записи WAL доставляются после завершения транзакции. В результате образуется окно, когда возможна потеря данных при отказе сервера: будут утеряны ещё не переданные транзакции. Размер этого окна при трансляции файлов журналов может быть ограничен параметром `archive_timeout`, который может принимать значение меньше нескольких секунд. Тем не менее подобные заниженные значения могут потребовать существенного увеличения пропускной способности, необходимой для трансляции файлов. При потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5) окно возможности потери данных гораздо меньше.

Скорость восстановления достаточно высока, обычно резервный сервер становится полностью доступным через мгновение после активации. В результате такое решение называется тёплым резервом, что обеспечивает отличную отказоустойчивость. Восстановление сервера из архивной копии базы и применение изменений обычно происходит существенно дольше. Поэтому такие действия обычно требуются при восстановлении после аварии, не для отказоустойчивости. Так же резервный сервер может обрабатывать читающие запросы. В этом случае он называется сервером горячего резерва. См. Раздел 26.5 для подробной информации.

26.2.1. Планирование

Обычно разумно подбирать ведущий и резервный серверы так, чтобы они были максимально похожи, как минимум с точки зрения базы данных. Тогда в частности, пути, связанные с табличными пространствами, могут передаваться без изменений. Таким образом, как на ведущем, так и на резервных серверах должны быть одинаковые пути монтирования для табличных пространств при использовании этой возможности БД. Учитывайте, что если CREATE TABLESPACE выполнена на ведущем сервере, новая точка монтирования для этой команды уже должна существовать на резервных серверах до её выполнения. Аппаратная часть не должна быть в точности одинаковой, но опыт показывает, что сопровождать идентичные системы легче, чем две различные на протяжении жизненного цикла приложения и системы. В любом случае архитектура оборудования должна быть одинаковой — например, трансляция журналов с 32-битной на 64-битную систему не будет работать.

В общем случае трансляция журналов между серверами с различными основными версиями PostgreSQL невозможна. Политика главной группы разработки PostgreSQL состоит в том, чтобы не вносить изменения в дисковые форматы при обновлениях корректирующей версии, таким образом, ведущий и резервный серверы, имеющие разные корректирующие версии, могут работать успешно. Тем не менее формально такая возможность не поддерживается, поэтому рекомендуется поддерживать одинаковую версию ведущего и резервных серверов, насколько это возможно. При обновлении корректирующей версии безопаснее будет в первую очередь обновить резервные серверы — новая корректирующая версия с большей вероятностью прочитает файл WAL предыдущей корректирующей версии, чем наоборот.

26.2.2. Работа резервного сервера

Сервер переходит в режим ожидания, если в каталоге данных при запуске сервера есть файл `standby.signal`.

Сервер, работающий в режиме резервного, последовательно применяет файлы WAL, полученные от главного. Резервный сервер может читать файлы WAL из архива WAL (см. restore_command) или напрямую с главного сервера по соединению TCP (потоковая репликация). Резервный сервер также будет пытаться восстановить любой файл WAL, найденный в кластере резервного в каталоге `pg_wal`. Это обычно происходит после перезапуска сервера, когда он применяет заново файлы WAL, полученные от главного сервера перед перезапуском. Но можно и вручную скопировать файлы в каталог `pg_wal`, чтобы применить их в любой момент времени.

В момент запуска резервный сервер начинает восстанавливать все доступные файлы WAL, размещённые в архивном каталоге, указанном в команде `restore_command`. По достижении конца доступных файлов WAL или при сбое команды `restore_command` сервер пытается восстановить все файлы WAL, доступные в каталоге `pg_wal`. Если это не удаётся и потоковая репликация настроена, резервный сервер пытается присоединиться к ведущему и начать закачивать поток WAL с последней подтверждённой записи, найденной в архиве или `pg_wal`. Если это действие закончилось неудачей, или потоковая репликация не настроена, или соединение позднее разорвалось, резервный сервер возвращается к шагу 1 и пытается восстановить файлы из архива вновь. Цикл обращения за файлами WAL к архиву, `pg_wal`, и через потоковую репликацию продолжается до остановки сервера или его повышения до ведущего.

Режим резерва завершается и сервер переключается в обычный рабочий режим при получении команды `pg_ctl promote`, в результате вызова `pg_promote()` или при обнаружении файла-триггера (`promote_trigger_file`). Перед переключением сервер восстановит все файлы WAL, непосредственно доступные из архива или `pg_wal`, но пытаться подключиться к главному серверу он больше не будет.

26.2.3. Подготовка главного сервера для работы с резервными

Настройка постоянного архивирования на ведущем сервере в архивный каталог, доступный с резервного, описана в Разделе 25.3. Расположение архива должно быть доступно с резервного сервера даже при отключении главного, то есть его следует разместить на резервном или другом доверенном, но не на главном сервере.

При использовании потоковой репликации следует настроить режим аутентификации на ведущем сервере, чтобы разрешить соединения с резервных. Для этого создать роль и обеспечить подходящую запись в файле `pg_hba.conf` в разделе доступа к БД `replication`. Так же следует убедиться, что для параметра `max_wal_senders` задаётся достаточно большое значение в конфигурационном файле ведущего сервера. При использовании слотов для репликации также достаточно большое значение нужно задать для `max_replication_slots`.

Создание базовой резервной копии, необходимой для запуска резервного сервера, описано в Подразделе 25.3.2.

26.2.4. Настройка резервного сервера

Для запуска резервного сервера нужно восстановить резервную копию, снятую с ведущего (см. Подраздел 25.3.4). Затем нужно создать файл `standby.signal`в каталоге данных кластера резервного сервера. Задайте в restore_command обычную команду копирования файлов из архива WAL. Если планируется несколько резервных серверов в целях отказоустойчивости, значением параметра `recovery_target_timeline` должно быть `latest` (значение по умолчанию), чтобы резервный сервер переходил на новую линию времени, образуемую при обработке отказа и переключении на другой сервер.

> **Примечание**
>
> Описанный здесь встроенный режим резервного сервера несовместим с использованием pg_standby или подобных средств. Команда restore_command должна немедленно прекратиться при отсутствии файла; сервер повторит команду вновь при необходимости. Использование средств, подобных pg_standby, описано в Разделе 26.4.

При необходимости потоковой репликации задайте в primary_conninfo параметры строки соединения для libpq, включая имя (или IP-адрес) сервера и всё, что требуется для подключения к ведущему серверу. Если ведущий требует пароль для аутентификации, пароль также должен быть указан в primary_conninfo.

Если резервный сервер настраивается в целях отказоустойчивости, на нём следует настроить архивацию WAL, соединения и аутентификацию, как на ведущем сервере, потому что резервный сервер станет ведущим после отработки отказа.

При использовании архива WAL его размер может быть уменьшен с помощью команды, задаваемой в archive_cleanup_command, если она будет удалять файлы, ставшие ненужными для резервного сервера. Утилита pg_archivecleanup разработана специально для использования в `archive_cleanup_command` при типичной конфигурации с одним резервным сервером (см. pg_archivecleanup). Заметьте, что если архив используется в целях резервирования, необходимо сохранять все файлы, требующиеся для восстановления как минимум с последней базовой резервной копии, даже если они не нужны для резервного сервера.

Простой пример конфигурации:

```
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass options=''-c
 wal_sender_timeout=5000'''
restore_command = 'cp /path/to/archive/%f %p'
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup /path/to/archive %r'
```

Можно поддерживать любое количество резервных серверов, но при применении потоковой репликации необходимо убедиться, что значение `max_wal_senders` на ведущем достаточно большое, чтобы все они могли подключиться одновременно.

26.2.5. Потоковая репликация

При потоковой репликации резервный сервер может работать с меньшей задержкой, чем при трансляции файлов. Резервный сервер подключается к ведущему, который передаёт поток записей WAL резервному в момент их добавления, не дожидаясь окончания заполнения файла WAL.

Потоковая репликация асинхронна по умолчанию (см. Подраздел 26.2.8), то есть имеется небольшая задержка между подтверждением транзакции на ведущем сервере и появлением этих изменений на резервном. Тем не менее эта задержка гораздо меньше, чем при трансляции файлов журналов, обычно в пределах одной секунды, если резервный сервер достаточно мощный и справляется с нагрузкой. При потоковой репликации настраивать archive_timeout для уменьшения окна потенциальной потери данных не требуется.

При потоковой репликации без постоянной архивации на уровне файлов, сервер может избавиться от старых сегментов WAL до того, как резервный получит их. В этом случае резервный сервер потребует повторной инициализации из новой базовой резервной копии. Этого можно избежать, установив для wal_keep_size достаточно большое значение, при котором сегменты WAL будут защищены от ранней очистки, либо настроив слот репликации для резервного сервера. Если с резервного сервера доступен архив WAL, этого не требуется, так как резервный может всегда обратиться к архиву для восполнения пропущенных сегментов.

Чтобы настроить потоковую репликацию, сначала настройте резервный сервер в режиме передачи журналов в виде файлов, как описано в Разделе 26.2. Затем переключите его в режим потоковой репликации, установив в primary_conninfo строку подключения, указывающую на ведущий. Настройте listen_addresses и параметры аутентификации (см. pg_hba.conf) на ведущем сервере таким образом, чтобы резервный смог подключиться к псевдобазе replication ведущего (см. Подраздел 26.2.5.1).

В системах, поддерживающих параметр сокета keepalive, подходящие значения tcp_keepalives_idle, tcp_keepalives_interval и tcp_keepalives_count помогут ведущему вовремя заметить разрыв соединения.

Установите максимальное количество одновременных соединений с резервных серверов (см. описание max_wal_senders).

При запуске резервного сервера с правильно установленным primary_conninfo резервный подключится к ведущему после воспроизведения всех файлов WAL, доступных из архива. При успешном установлении соединения можно увидеть walreceiver на резервном сервере и соответствующий процесс walsender на ведущем.

26.2.5.1. Аутентификация

Право использования репликации очень важно ограничить так, чтобы только доверенные пользователи могли читать поток WAL, так как из него можно извлечь конфиденциальную информацию. Резервный сервер должен аутентифицироваться на главном от имени пользователя с правом REPLICATION или от имени суперпользователя. Настоятельно рекомендуется создавать выделенного пользователя с правами REPLICATION и LOGIN специально для репликации. Хотя право REPLICATION даёт очень широкие полномочия, оно не позволяет модифицировать данные в ведущей системе, тогда как с правом SUPERUSER это можно делать.

Список аутентификации клиентов для репликации содержится в pg_hba.conf в записях с установленным значением replication в поле *database*. Например, если резервный сервер запущен на компьютере с IP-адресом 192.168.1.100 и учётная запись для репликации foo, администратор может добавить следующую строку в файл pg_hba.conf ведущего:

```
# Разрешить пользователю "foo" с компьютера 192.168.1.100 подключаться к этому
# серверу в качестве партнёра репликации, если был передан правильный пароль.
#
# TYPE  DATABASE        USER            ADDRESS                 METHOD
host    replication     foo             192.168.1.100/32        md5
```

Имя компьютера и номер порта для ведущего, имя подключающегося пользователя и пароль указываются в primary_conninfo. Пароль также может быть задан в файле ~/.pgpass на резервном сервере (в поле *database* нужно указать replication). Например, если ведущий принимает подключения по IP-адресу 192.168.1.50, через порт 5432, пользователя для репликации foo с паролем foopass, администратор может добавить следующую строку в файл postgresql.conf на резервном сервере:

```
# Резервный сервер подключается к ведущему, работающему на компьютере 192.168.1.50
# (порт 5432), от имени пользователя "foo" с паролем "foopass".
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'
```

26.2.5.2. Мониторинг

Важным индикатором стабильности работы потоковой репликации является количество записей WAL, созданных на ведущем, но ещё не применённых на резервном сервере. Задержку можно подсчитать, сравнив текущую позиции записи WAL на ведущем с последней позицией WAL, полученной на резервном сервере. Эти позиции можно узнать, воспользовавшись функциями pg_current_wal_lsn на ведущем и pg_last_wal_receive_lsn на резервном, соответственно (за подробностями обратитесь к Таблице 9.85 и Таблице 9.86). Последняя полученная позиция WAL на резервном сервере также выводится в состоянии процесса-приёмника WAL, которое показывает команда ps (подробнее об этом в Разделе 27.1).

Список процессов-передатчиков WAL можно получить через представление pg_stat_replication. Большая разница между pg_current_wal_lsn и полем sent_lsn этого представления может указывать на то, что главный сервер работает с большой нагрузкой, тогда как разница между sent_lsn и pg_last_wal_receive_lsn на резервном может быть признаком задержек в сети или большой нагрузки резервного сервера.

На сервере горячего резерва состояние процесса-приёмника WAL можно получить через представление pg_stat_wal_receiver. Большая разница между pg_last_wal_replay_lsn и полем flushed_lsn свидетельствует о том, что WAL поступает быстрее, чем удаётся его воспроизвести.

26.2.6. Слоты репликации

Слоты репликации автоматически обеспечивают механизм сохранения сегментов WAL, пока они не будут получены всеми резервными и главный сервер не будет удалять строки, находящиеся в статусе recovery conflict даже при отключении резервного.

Вместо использования слотов репликации для предотвращения удаления старых сегментов WAL можно применять wal_keep_size или сохранять сегменты в архиве с помощью команды archive_command. Тем не менее эти методы часто приводят к тому, что хранится больше сегментов WAL, чем необходимо, в то время как для слотов репликации сохраняются только те сегменты, которые нужны. С другой стороны, для слотов репликации может потребоваться так много сегментов WAL, что они заполнят всё пространство, отведённое для pg_wal; объём файлов WAL, сохраняемых для слотов репликации, ограничивается параметром max_slot_wal_keep_size.

Подобным образом параметры hot_standby_feedback и vacuum_defer_cleanup_age позволяют защитить востребованные строки от удаления при очистке, но первый параметр не защищает в тот промежуток времени, когда резервный сервер не подключён, а для последнего часто нужно задавать большое значение, чтобы обеспечить должную защиту. Слоты репликации решают эти проблемы.

26.2.6.1. Запросы и действия слотов репликации

Каждый слот репликации обладает именем, состоящим из строчных букв, цифр и символов подчёркивания.

Имеющиеся слоты репликации и их статус можно просмотреть в представлении pg_replication_slots.

Слоты могут быть созданы и удалены как с помощью протокола потоковой репликации (см. Раздел 52.4), так и посредством функций SQL (см. Подраздел 9.27.6).

26.2.6.2. Пример конфигурации

Для создания слота репликации выполните:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_create_physical_replication_slot('node_a_slot');
  slot_name  | lsn
-------------+-----
 node_a_slot |

postgres=# SELECT slot_name, slot_type, active FROM pg_replication_slots;
  slot_name  | slot_type | active
-------------+-----------+--------
 node_a_slot | physical  | f
(1 row)
```

Чтобы резервный сервер использовал этот слот, укажите его в параметре `primary_slot_name` в конфигурации этого сервера. Например:

```
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'
primary_slot_name = 'node_a_slot'
```

26.2.7. Каскадная репликация

Свойство каскадной репликации позволяет резервному серверу принимать соединения репликации и потоки WAL от других резервных, выступающих посредниками. Это может быть полезно для уменьшения числа непосредственных подключений к главному серверу, а также для уменьшения накладных расходов при передаче данных в интрасети.

Резервный сервер, выступающий как получатель и отправитель, называется каскадным резервным сервером. Резервные серверы, стоящие ближе к главному, называются серверами верхнего уровня, а более отдалённые — серверами нижнего уровня. Каскадная репликация не накладывает ограничений на количество или организацию последующих уровней, а каждый резервный соединяется только с одним сервером вышестоящего уровня, который в конце концов соединяется с единственным главным/ведущим сервером.

Резервный сервер каскадной репликации не только получает записи WAL от главного, но так же восстанавливает их из архива. Таким образом, даже если соединение с сервером более высокого уровня разорвётся, потоковая репликация для последующих уровней будет продолжаться до исчерпания доступных записей WAL.

Каскадная репликация в текущей реализации асинхронна. Параметры синхронной репликации (см. Подраздел 26.2.8) в настоящее время не оказывают влияние на каскадную репликацию.

Распространение обратной связи горячего резерва работает от нижестоящего уровня к вышестоящему уровню вне зависимости от способа организации связи.

Если вышестоящий резервный сервер будет преобразован в новый главный, нижестоящие серверы продолжат получать поток с нового главного при условии, что `recovery_target_timeline` имеет значение `latest` (по умолчанию).

Для использования каскадной репликации необходимо настроить резервный каскадный сервер на приём соединений репликации (то есть установить max_wal_senders и hot_standby, настроить host-based authentication). Так же может быть необходимо настроить на нижестоящем резервном значение `primary_conninfo` на каскадный резервный сервер.

26.2.8. Синхронная репликация

По умолчанию в PostgreSQL потоковая репликация асинхронна. Если ведущий сервер выходит из строя, некоторые транзакции, которые были подтверждены, но не переданы на резервный, могут быть потеряны. Объём потерянных данных пропорционален задержке репликации на момент отработки отказа.

Синхронная репликация предоставляет возможность гарантировать, что все изменения, внесённые в транзакции, были переданы одному или нескольким синхронным резервным серверам. Это повышает стандартный уровень надёжности, гарантируемый при фиксации транзакции. Этот уровень защиты соответствует второму уровню безопасности репликации из теории вычислительной техники, или групповой безопасности первого уровня (безопасности групповой и уровня 1), когда выбран режим synchronous_commit remote_write.

При синхронной репликации каждая фиксация пишущей транзакции ожидает подтверждения того, что запись фиксации помещена в журнал предзаписи на диске на обоих серверах: ведущем и резервном. При таком варианте потеря данных может произойти только в случае одновременного выхода из строя ведущего и резервного серверов. Это обеспечивает более высокий уровень надёжности, при условии продуманного подхода системного администратора к вопросам размещения и управления этими серверами. Ожидание подтверждения увеличивает уверенность в том, что данные не будут потеряны во время сбоя сервера, но при этом увеличивает время отклика для обработки транзакции. Минимальное время ожидания равно времени передачи данных от ведущего к резервному и обратно.

Транзакции только для чтения и откат транзакции не требуют ожидания для ответа с резервного сервера. Промежуточные подтверждения не ожидают ответа от резервного сервера, только подтверждение верхнего уровня. Долгие операции вида загрузки данных или построения индекса не ожидают финального подтверждения. Но все двухфазные подтверждения требуют ожидания, включая подготовку и непосредственно подтверждение.

Синхронным резервным сервером может быть резервный сервер при физической репликации или подписчик при логической репликации. Это также может быть другой потребитель потока логической или физической репликации, способный отправлять в ответ требуемые сообщения. Помимо встроенных систем логической и физической репликации, к таким потребителям относятся специальные программы, pg_receivewal и pg_recvlogical, а также некоторые сторонние системы репликации и внешние программы. Подробнее об организации синхронной репликации с их использованием можно узнать в соответствующей документации.

26.2.8.1. Базовая настройка

При настроенной потоковой репликации установка синхронной репликации требует только дополнительной настройки: необходимо выставить synchronous_standby_names в непустое значение. Так же необходимо установить synchronous_commit в значение on, но так как это значение по умолчанию, обычно действий не требуется. (См. Подраздел 19.5.1 и Подраздел 19.6.2.) В такой конфигурации каждая транзакция будет ожидать подтверждение того, что на резервном сервере произошла запись транзакции в надёжное хранилище. Значение synchronous_commit может быть выставлено для отдельного пользователя, может быть прописано в файле конфигурации, для конкретного пользователя или БД или динамически изменено приложением для управления степенью надёжности на уровне отдельных транзакций.

После сохранения записи о фиксации транзакции на диске ведущего сервера эта запись WAL передаётся резервному серверу. Резервный сервер отвечает подтверждающим сообщением после сохранения каждого нового блока данных WAL на диске, если только wal_receiver_status_interval на нём не равен нулю. В случае, когда выбран режим synchronous_commit remote_apply, резервный сервер передаёт подтверждение после воспроизведения записи фиксации, когда транзакция становится видимой. Если резервный сервер выбран на роль синхронного резервного в соответствии со значением synchronous_standby_names на ведущем, подтверждающие сообщения с этого сервера, в совокупности с сообщениями с других синхронных серверов, будут сигналом к завершению ожидания при фиксировании транзакций, требующих подтверждения сохранения записи фиксации. Эти параметры позволяют администратору определить, какие резервные серверы будут синхронными резервными. Заметьте, что настройка синхронной репликации в основном осуществляется на главном сервере. Перечисленные в списке резервные серверы должны быть подключены к нему непосредственно; он ничего не знает о резервных серверах, подключённых каскадно, через промежуточные серверы.

Если synchronous_commit имеет значение remote_write, то в случае подтверждения транзакции ответ от резервного сервера об успешном подтверждении будет передан, когда данные запишутся в операционной системе, но не когда данные будет реально сохранены на диске. При таком значении уровень надёжности снижается по сравнению со значением on. Резервный сервер может потерять данные в случае падения операционной системы, но не в случае падения PostgreSQL. Тем не менее этот вариант полезен на практике, так как позволяет сократить время отклика для транзакции. Потеря данных может произойти только в случае одновременного сбоя ведущего и резервного, осложнённого повреждением БД на ведущем.

Если `synchronous_commit` имеет значение `remote_apply`, то для завершения фиксирования транзакции потребуется дождаться, чтобы текущие синхронные резервные серверы сообщили, что они воспроизвели транзакцию и её могут видеть запросы пользователей. В простых случаях это позволяет обеспечить обычный уровень согласованности и распределение нагрузки.

Пользователи прекратят ожидание в случае запроса на быструю остановку сервера. В то время как при использовании асинхронной репликации сервер не будет полностью остановлен, пока все исходящие записи WAL не переместятся на текущий присоединённый резервный сервер.

26.2.8.2. Несколько синхронных резервных серверов

Синхронная репликация поддерживает применение одного или нескольких синхронных резервных серверов; транзакции будут ждать, пока все резервные серверы, считающиеся синхронными, не подтвердят получение своих данных. Число синхронных резервных серверов, от которых транзакции должны ждать подтверждения, задаётся в параметре `synchronous_standby_names`. В этом параметре также задаётся список имён резервных серверов и метод (`FIRST` или `ANY`) выбора синхронных из заданного списка.

С методом `FIRST` производится синхронная репликация на основе приоритетов, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на заданное число синхронных резервных серверов, выбираемых согласно приоритетам. Серверы, имена которых идут в начале списка, имеют больший приоритет и выбираются на роль синхронных. Другие резервные серверы, идущие в этом списке за ними, считаются потенциальными синхронными. Если один из текущих синхронных резервных серверов по какой-либо причине отключается, он будет немедленно заменён следующим по порядку резервным сервером.

Пример значения `synchronous_standby_names` для нескольких синхронных резервных серверов, выбираемых по приоритетам:

```
synchronous_standby_names = 'FIRST 2 (s1, s2, s3)'
```

В данном примере, если работают четыре резервных сервера `s1`, `s2`, `s3` и `s4`, два сервера `s1` и `s2` будут выбраны на роль синхронных резервных, так как их имена идут в начале этого списка. Сервер `s3` будет потенциальным резервным и возьмёт на себя роль синхронного резервного при отказе `s1` или `s2`. Сервер `s4` будет асинхронным резервным, так как его имя в этом списке отсутствует.

С методом `ANY` производится синхронная репликация на основе кворума, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *как минимум* заданное число синхронных серверов в списке.

Пример значения `synchronous_standby_names` для нескольких синхронных резервных серверов, образующих кворум:

```
synchronous_standby_names = 'ANY 2 (s1, s2, s3)'
```

В данном примере, если работают четыре резервных сервера `s1`, `s2`, `s3` и `s4`, транзакции будут фиксироваться только после получения ответов как минимум от двух резервных серверов из `s1`, `s2` и `s3`. Сервер `s4` будет асинхронным резервным, так как его имя в этом списке отсутствует.

Состояние синхронности резервных серверов можно увидеть в представлении `pg_stat_replication`.

26.2.8.3. Планирование производительности

Организуя синхронную репликацию, обычно нужно обстоятельно обдумать конфигурацию и размещение резервных серверов, чтобы обеспечить приемлемую производительность приложений. Ожидание не потребляет системные ресурсы, но блокировки транзакций будут сохраняться до подтверждения передачи. Как следствие, непродуманное использование синхронной репликации приведёт к снижению производительности БД из-за увеличения времени отклика и числа конфликтов.

PostgreSQL позволяет разработчикам выбрать требуемый уровень надёжности, обеспечиваемый при репликации. Он может быть установлен для системы в целом, для отдельного пользователя или соединения или даже для отдельной транзакции.

Например, в рабочей нагрузке приложения 10% изменений могут относиться к важным данным клиентов, а 90% — к менее критичным данным, потеряв которые, бизнес вполне сможет выжить (например, это могут быть текущие разговоры пользователей между собой).

При настройке уровня синхронности репликации на уровне приложения (на ведущем) можно задать синхронную репликацию для большинства важных изменений без замедления общего рабочего ритма. Возможность настройки на уровне приложения является важным и практичным средством для получения выгод синхронной репликации при высоком быстродействии.

Следует иметь в виду, что пропускная способность сети должна быть больше скорости генерирования данных WAL.

26.2.8.4. Планирование отказоустойчивости

В `synchronous_standby_names` задаётся количество и имена синхронных резервных серверов, от которых будет ожидаться подтверждение при фиксировании транзакции, когда параметру `synchronous_commit` присвоено значение `on`, `remote_apply` или `remote_write`. Фиксирование транзакции в таком режиме может не завершиться никогда, если один из синхронных резервных серверов выйдет из строя.

Поэтому для высокой степени доступности лучше всего обеспечить наличие синхронных резервных серверов в должном количестве. Для этого можно перечислить несколько потенциальных резервных серверов в строке `synchronous_standby_names`.

При синхронной репликации на основе приоритетов синхронными резервными серверами станут серверы, имена которых стоят в этом списке первыми. Следующие за ними серверы будут становиться синхронными резервными при отказе одного из текущих.

При синхронной репликации на основе кворума кандидатами на роль синхронных резервных будут все серверы в списке. И если один из них откажет, другие серверы будут продолжать исполнять эту роль.

Когда к ведущему серверу впервые присоединяется резервный, он ещё не будет полностью синхронизированным. Это называется состоянием `навёрстывания`. Как только отставание резервного от ведущего сервера сократится до нуля в первый раз, система перейдет в состояние `потоковой передачи` в реальном времени. Сразу после создания резервного сервера навёрстывание может быть длительным. В случае выключения резервного сервера длительность этого процесса увеличится соответственно продолжительности простоя. Резервный сервер может стать синхронным только по достижении состояния `потоковой передачи`. Это состояние можно проследить в представлении `pg_stat_replication`.

Если ведущий сервер перезапускается при наличии зафиксированных транзакций, ожидающих подтверждения, эти транзакции будут помечены как полностью зафиксированные после восстановления ведущего. При этом нельзя гарантировать, что все резервные серверы успели получить все текущие данные WAL к моменту падения ведущего. Таким образом, некоторые транзакции могут считаться незафиксированными на резервном сервере, даже если они считаются зафиксированными на ведущем. Гарантия, которую мы можем дать, состоит в том, что приложение не получит явного подтверждения успешной фиксации, пока не будет уверенности, что данные WAL получены всеми синхронными резервными серверами.

Если запустить синхронные резервные серверы в указанном количестве не удаётся, вам следует уменьшить число синхронных серверов, подтверждения которых требуются для завершения фиксации транзакций, в параметре synchronous_standby_names (или вовсе отключить его) и перезагрузить файл конфигурации на ведущем сервере.

В случае если ведущий сервер стал недоступным для оставшихся резервных, следует переключиться на наиболее подходящий из имеющихся резервных серверов.

Если необходимо пересоздать резервный сервер при наличии ожидающей подтверждения транзакции необходимо убедиться, что команды pg_start_backup() и pg_stop_backup() запускаются в сеансе с установленным synchronous_commit = off, в противном случае эти запросы на подтверждение будут бесконечными для вновь возникшего резервного сервера.

26.2.9. Непрерывное архивирование на резервном сервере

Когда на резервном сервере применяется непрерывное архивирование WAL, возможны два различных сценария: архив WAL может быть общим для ведущего и резервного сервера, либо резервный сервер может иметь собственный архив WAL. Когда резервный работает с собственным архивом WAL, установите в archive_mode значение always, и он будет вызывать команду архивации для каждого сегмента WAL, который он получает при восстановлении из архива или потоковой репликации. В случае с общим архивом можно поступить аналогично, но archive_command должна проверять, нет ли в архиве файла, идентичного архивируемому. Таким образом, команда archive_command должна позаботиться о том, чтобы существующий файл не был заменён файлом с другим содержимым, а в случае попытки повторного архивирования должна сообщать об успешном выполнении. При этом все эти действия должны быть рассчитаны на условия гонки, возможные, если два сервера попытаются архивировать один и тот же файл одновременно.

Если в archive_mode установлено значение on, архивация в режиме восстановления или резерва не производится. В случае повышения резервного сервера, он начнёт архивацию после повышения, но в архив не попадут те файлы WAL или файлы истории линии времени, которые генерировал не он сам. Поэтому, чтобы в архиве оказался полный набор файлов WAL, необходимо обеспечить архивацию всех файлов WAL до того, как они попадут на резервный сервер. Это естественным образом происходит при трансляции файлов журналов, так как резервный сервер может восстановить только файлы, которые находятся в архиве, однако при потоковой репликации это не так. Когда сервер работает не в режиме резерва, различий между режимами on и always нет.

26.3. Отработка отказа

Если ведущий сервер отказывает, резервный должен начать процедуры отработки отказа.

Если отказывает резервный сервер, никакие действия по отработке отказа не требуются. Если резервный сервер будет перезапущен, даже через некоторое время, немедленно начнётся операция восстановления, благодаря возможности возобновляемого восстановления. Если вернуть резервный сервер в строй невозможно, необходимо создать полностью новый экземпляр резервного сервера.

Когда ведущий сервер отказывает и резервный сервер становится новым ведущим, а затем старый ведущий включается снова, необходим механизм для предотвращения возврата старого к роли ведущего. Иногда его называют STONITH (Shoot The Other Node In The Head, «Выстрелите в голову другому узлу»), что позволяет избежать ситуации, когда обе системы считают себя ведущими, и в результате возникают конфликты и потеря данных.

Во многих отказоустойчивых конструкциях используются всего две системы: ведущая и резервная, с некоторым контрольным механизмом, который постоянно проверяет соединение между ними и работоспособность ведущей. Также возможно применение третьей системы (называемой следящим сервером) для исключения некоторых вариантов нежелательной отработки отказа, но эта дополнительная сложность оправдана, только если вся схема достаточно хорошо продумана и тщательно протестирована.

PostgreSQL не предоставляет системного программного обеспечения, необходимого для определения сбоя на ведущем и уведомления резервного сервера баз данных. Имеется множество подобных инструментов, которые хорошо интегрируются со средствами операционной системы, требуемыми для успешной отработки отказа, например, для миграции IP-адреса.

Когда происходит переключение на резервный сервер, только один сервер продолжает работу. Это состояние называется ущербным. Бывший резервный сервер теперь является ведущим, а бывший ведущий отключён и может оставаться отключённым. Для возвращения к нормальному состоянию необходимо запустить новый резервный сервер, либо на бывшем ведущем, либо в третьей, возможно, новой системе. Ускорить этот процесс в больших кластерах позволяет утилита pg_rewind. По завершении этого процесса можно считать, что ведущий и резервный сервер поменялись ролями. Некоторые используют третий сервер в качестве запасного для нового ведущего, пока не будет воссоздан новый резервный сервер, хотя это, очевидно, усложняет конфигурацию системы и рабочие процедуры.

Таким образом, переключение с ведущего сервера на резервный может быть быстрым, но требует некоторого времени для повторной подготовки отказоустойчивого кластера. Регулярные переключения с ведущего сервера на резервный полезны, так как при этом появляется плановое время для отключения и проведения обслуживания. Это также позволяет убедиться в работоспособности механизма отработки отказа и гарантировать, что он действительно будет работать, когда потребуется. Эти административные процедуры рекомендуется документировать письменно.

Чтобы сделать ведущим резервный сервер, принимающий журналы, выполните команду `pg_ctl promote`, вызовите `pg_promote()` или создайте файл-триггер с именем и путём, заданным в параметре `promote_trigger_file`. Если для переключения планируется использовать команду `pg_ctl promote` или функцию `pg_promote()`, файл `promote_trigger_file` не требуется. Если резервный сервер применяется для анализа данных, чтобы только разгрузить ведущий, выполняя запросы на чтение, а не обеспечивать отказоустойчивость, повышать его до ведущего не понадобится.

26.4. Другие методы трансляции журнала

Встроенному режиму резерва, описанному в предыдущем разделе, есть альтернатива — задать в `restore_command` команду, следящую за содержимым архива. В версии 8.4 и ниже был возможен только такой вариант. См. модуль pg_standby для примера реализации такой возможности.

Необходимо отметить, что в этом режиме сервер будет применять только один файл WAL одновременно, то есть если использовать резервный сервер для запросов (см. сервер горячего резерва), будет задержка между операциями на главном и моментом видимости этой операции резервным, соответствующей времени заполнения файла WAL. `archive_timeout` можно использовать для снижения этой задержки. Так же необходимо отметить, что нельзя совмещать этот метод с потоковой репликацией.

В процессе работы на ведущем сервере и резервном будет происходить обычное формирование архивов и их восстановление. Единственной точкой соприкосновения двух серверов будут только архивы файлов WAL на обеих сторонах: на ведущем архивы формируются, на резервном происходит чтение данных из архивов. Следует внимательно следить за тем, чтобы архивы WAL от разных ведущих серверов не смешивались или не перепутывались. Архив не должен быть больше, чем это необходимо для работы резерва.

Магия, заставляющая работать вместе два слабо связанных сервера, проста: `restore_command`, выполняющаяся на резервном при запросе следующего файла WAL, ожидает его доступности на ведущем. Обычно процесс восстановления запрашивает файл из архива WAL, сообщая об ошибке в случае его недоступности. Для работы резервного сервера недоступность очередного файла WAL является обычной ситуацией, резервный просто ожидает его появления. Для файлов, оканчивающихся на `.history`, ожидание не требуется, поэтому возвращается ненулевой код. Ожидающая `restore_command` может быть написана как пользовательский скрипт, который в цикле опрашивает, не появился ли очередной файл WAL. Также должен быть способ инициировать переключение роли, при котором цикл в `restore_command` должен прерваться, а резервный сервер должен получить ошибку «файл не найден». При этом восстановление завершится, и резервный сервер сможет стать обычным.

Псевдокод для подходящей restore_command:

```
triggered = false;
while (!NextWALFileReady() && !triggered)
{
    sleep(100000L);         /* ждать ~0.1 сек*/
    if (CheckForExternalTrigger())
        triggered = true;
}
if (!triggered)
        CopyWALFileForRecovery();
```

Рабочий пример ожидающей restore_command представлен в модуле pg_standby. К нему следует обратится за примером правильной реализации логики, описанной выше. Он так же может быть расширен для поддержки особых конфигураций и окружений.

Метод вызова переключения является важной частью планирования и архитектуры. Один из возможных вариантов — команда restore_command. Она исполняется единожды для каждого файла WAL, но процесс, запускаемый restore_command, создаётся и завершается для каждого файла, так что это не служба и не серверный процесс, и применить сигналы и реализовать их обработчик в нём нельзя. Поэтому restore_command не подходит для отработки отказа. Можно организовать переключение по тайм-ауту, в частности, связав его с известным значением archive_timeout на ведущем. Однако это не очень надёжно, так как переключение может произойти и из-за проблем в сети или загруженности ведущего сервера. В идеале для этого следует использовать механизм уведомлений, например явно создавать файл-триггер, если это возможно.

26.4.1. Реализация

Сокращённая процедура настройки для резервного сервера с применением альтернативного метода указана ниже. Для подробностей по каждому шагу следует обратиться к указанному разделу.

1. Разверните ведущую и резервную системы, сделав их максимально одинаковыми, включая две одинаковые копии PostgreSQL одного выпуска.
2. Настройте постоянную архивацию с ведущего сервера в каталог архивов WAL на резервном. Убедитесь, что archive_mode, archive_command и archive_timeout установлены в соответствующие значения на ведущем (см. Подраздел 25.3.1).
3. Создайте базовую копию данных ведущего сервера (см. Подраздел 25.3.2) и восстановите её на резервном.
4. Запустите восстановление на резервном сервере из локального архива WAL с помощью команды restore_command как описано выше (см. Подраздел 25.3.4).

Поток восстановления только читает архив WAL, поэтому, как только файл WAL скопирован на резервную систему, его можно копировать на ленту в то время, как его читает резервный сервер. Таким образом, работа резервного сервера в целях отказоустойчивости может быть совмещена с долговременным сохранением файлов для восстановления после катастрофических сбоев.

Для целей тестирования возможен запуск ведущего и резервного сервера в одной системе. Это не обеспечивает надёжность серверов, так же как и не подходит под описание высокой доступности.

26.4.2. Построчная трансляция журнала

Так же возможна реализация построчной трансляции журналов с применением альтернативного метода, хотя это требует дополнительных доработок, а изменения будут видны для запросов на сервере горячего резерва только после передачи полного файла WAL.

Внешняя программа может вызвать функцию pg_walfile_name_offset() (см. Раздел 9.27) для поиска имени файла и точного смещения в нём от текущего конца WAL. Можно получить доступ к файлу WAL напрямую и скопировать данные из последнего известного окончания WAL до текущего окончания на резервном сервере. При таком подходе интервал возможной потери данных определяется временем цикла работы программы копирования, что может составлять очень малую величину. Так же не потребуется напрасно использовать широкую полосу пропускания для принудительного архивирования частично заполненного файла сегмента. Следует отметить, что на резервном сервере скрипт команды `restore_command` работает только с файлом WAL целиком, таким образом, копирование данных нарастающим итогом не может быть выполнено на резервном обычными средствами. Это используется только в случае отказа ведущего — когда последний частично сформированный файл WAL предоставляется резервному непосредственно перед переключением. Корректная реализация этого процесса требует взаимодействия скрипта команды `restore_command` с данными из программы копирования.

Начиная с PostgreSQL версии 9.0 можно использовать потоковую репликацию (см. Подраздел 26.2.5) для получения этих же преимуществ меньшими усилиями.

26.5. Горячий резерв

Термин «горячий резерв» используется для описания возможности подключаться к серверу и выполнять запросы на чтение, в то время как сервер находится в режиме резерва или восстановления архива. Это полезно и для целей репликации, и для восстановления желаемого состояния из резервной копии с высокой точностью. Так же термин «горячий резерв» описывает способность сервера переходить из режима восстановления к обычной работе, в то время как пользователи продолжают выполнять запросы и/или их соединения остаются открытыми.

В режиме горячего резерва запросы выполняются примерно так же, как и в обычном режиме, с некоторыми отличиями в использовании и администрировании, описанными ниже.

26.5.1. Обзор на уровне пользователя

Когда параметр hot_standby на резервном сервере установлен в true, то он начинает принимать соединения сразу как только система придёт в согласованное состояние в процессе восстановления. Для таких соединений будет разрешено только чтение, запись невозможна даже во временные таблицы.

Для того, чтобы данные с ведущего сервера были получены на резервном, требуется некоторое время. Таким образом, имеется измеряемая задержка между ведущим и резервным серверами. Поэтому запуск одинаковых запросов примерно в одно время на ведущем и резервном серверах может вернуть разный результат. Можно сказать, что данные на резервном сервере *в конечном счёте согласуются* с ведущим. После того как запись о зафиксированной транзакции воспроизводится на резервном сервере, изменения, совершённые в этой транзакции, становится видны в любых последующих снимках данных на резервном сервере. Снимок может быть сделан в начале каждого запроса или в начале каждой транзакции в зависимости от уровня изоляции транзакции. Более подробно см. Раздел 13.2.

Транзакции, запущенные в режиме горячего резерва, могут выполнять следующие команды:

- Доступ к данным: `SELECT`, `COPY TO`
- Команды для работы с курсором: `DECLARE`, `FETCH`, `CLOSE`
- Параметры: `SHOW`, `SET`, `RESET`
- Команды явного управления транзакциями:
  - `BEGIN`, `END`, `ABORT`, `START TRANSACTION`
  - `SAVEPOINT`, `RELEASE`, `ROLLBACK TO SAVEPOINT`
  - Блок `EXCEPTION` и другие внутренние подчиненные транзакции
- `LOCK TABLE`, только когда исполняется в явном виде в следующем режиме: `ACCESS SHARE`, `ROW SHARE` или `ROW EXCLUSIVE`.
- Планы и ресурсы: `PREPARE`, `EXECUTE`, `DEALLOCATE`, `DISCARD`
- Дополнения и расширения: `LOAD`
- `UNLISTEN`

Транзакции, запущенные в режиме горячего резерва, никогда не получают ID транзакции и не могут быть записаны в журнал предзаписи. Поэтому при попытке выполнить следующие действия возникнут ошибки:

- Команды манипуляции данными (DML): `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `COPY FROM`, `TRUNCATE`. Следует отметить, что нет разрешённых действий, которые приводили бы к срабатыванию триггера во время исполнения на резервном сервере. Это ограничение так же касается и временных таблиц, так как строки таблицы не могут быть прочитаны или записаны без обращения к ID транзакции, что в настоящее время не возможно в среде горячего резерва.
- Команды определения данных (DDL): `CREATE`, `DROP`, `ALTER`, `COMMENT`. Эти ограничения так же относятся и к временным таблицам, так как операции могут потребовать обновления таблиц системных каталогов.
- `SELECT ... FOR SHARE | UPDATE`, так как блокировка строки не может быть проведена без обновления соответствующих файлов данных.
- Правила для выражений `SELECT`, которые приводят к выполнению команд DML.
- `LOCK` которая явно требует режим более строгий чем `ROW EXCLUSIVE MODE`.
- `LOCK` в короткой форме с умолчаниями, так как требует `ACCESS EXCLUSIVE MODE`.
- Команды управления транзакциями, которые в явном виде требуют режим не только для чтения
  - `BEGIN READ WRITE`, `START TRANSACTION READ WRITE`
  - `SET TRANSACTION READ WRITE`, `SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION READ WRITE`
  - `SET transaction_read_only = off`
- Команды двухфазной фиксации: `PREPARE TRANSACTION`, `COMMIT PREPARED`, `ROLLBACK PREPARED`, так как даже транзакции только для чтения нуждаются в записи в WAL на этапе подготовки (первая фаза двухфазной фиксации).
- Обновление последовательностей: `nextval()`, `setval()`
- `LISTEN`, `NOTIFY`

При обычной работе транзакции «только для чтения» могут использовать команды `LISTEN` и `NOTIFY`; таким образом, сеансы горячего резерва работают с несколько большими ограничениями, чем обычные только читающие сеансы. Возможно, что некоторые из этих ограничений будут ослаблены в следующих выпусках.

В режиме горячего резерва параметр `transaction_read_only` всегда имеет значение true и изменить его нельзя. Но если не пытаться модифицировать содержимое БД, подключение к серверу в этом режиме не отличается от подключений к обычным базам данных. При отработке отказа или переключении ролей база данных переходит в обычный режим работы. Когда сервер меняет режим работы, установленные сеансы остаются подключёнными. После выхода из режима горячего резерва становится возможным запускать пишущие транзакции (даже в сеансах, начатых ещё в режиме горячего резерва).

Пользователи могут узнать, активен ли режим горячего резерва в их сеансе, выполнив команду `SHOW transaction_read_only`. Кроме того, пользователи могут получить информацию о резервном сервере, используя ряд функций (см. Таблицу 9.86). Эти средства позволяют как создавать программы, учитывающие текущий статус базы данных, так и отслеживать процесс восстановления или разрабатывать более сложные программы для восстановления баз данных в нужном состоянии.

26.5.2. Обработка конфликтов запросов

Ведущий и резервный серверы связаны между собой многими слабыми связями. События на ведущем сервере оказывают влияние на резервный. В результате имеется потенциальная возможность отрицательного влияния или конфликта между ними. Наиболее простой для понимания конфликт

— быстродействие: если на ведущем происходит загрузка очень большого объёма данных, то происходит создание соответствующего потока записей WAL на резервный сервер. Таким образом, запросы на резервном конкурируют за системные ресурсы, например, ввод-вывод.

Так же может возникнуть дополнительный тип конфликта на сервере горячего резерва. Этот конфликт называется *жёстким конфликтом*, оказывает влияние на запросы, приводя к их отмене, а в некоторых случаях и к обрыву сеанса для разрешения конфликтов. Пользователям предоставлен набор средств для обработки подобных конфликтов. Случаи конфликтов включают:

- Установка эксклюзивной блокировки на ведущем сервере, как с помощью явной команды `LOCK`, так и при различных DDL, что приводит к конфликту доступа к таблицам на резервном.
- Удаление табличного пространства на ведущем сервере приводит к конфликту на резервном когда запросы используют это пространство для хранения временных рабочих файлов.
- Удаление базы данных на ведущем сервере конфликтует с сеансами, подключёнными к этой БД на резервном.
- Приложение очистки устаревших транзакций из WAL конфликтует с транзакциями на резервном сервере, которые используют снимок данных, который всё ещё видит какие-то из очищенных на ведущем строк.
- Приложение очистки устаревших транзакций из WAL конфликтует с запросами к целевой странице на резервном сервере вне зависимости от того, являются ли данные удалёнными или видимыми.

В этих случаях на ведущем сервере просто происходит ожидание; пользователю следует выбрать какую их конфликтующих сторон отменить. Тем не менее на резервном нет выбора: действия из WAL уже произошли на ведущем, поэтому резервный обязан применить их. Более того, позволять обработчику WAL ожидать неограниченно долго может быть крайне нежелательно, так как отставание резервного сервера от ведущего может всё возрастать. Таким образом, механизм обеспечивает принудительную отмену запросов на резервном сервере, которые конфликтуют с применяемыми записями WAL.

Примером такой проблемы может быть ситуация: администратор на ведущем сервере выполнил команду `DROP TABLE` для таблицы, которая сейчас участвует в запросе на резервном. Понятно, что этот запрос нельзя будет выполнять дальше, если команда `DROP TABLE` применится на резервном. Если бы этот запрос выполнялся на ведущем, команда `DROP TABLE` ждала бы его окончания. Но когда на ведущем выполняется только команда `DROP TABLE`, ведущий сервер не знает, какие запросы выполняются на резервном, поэтому он не может ждать завершения подобных запросов. Поэтому если записи WAL с изменением прибудут на резервный сервер, когда запрос будет продолжать выполняться, возникнет конфликт. В этом случае резервный сервер должен либо задержать применение этих записей WAL (и всех остальных, следующих за ними), либо отменить конфликтующий запрос, чтобы можно было применить `DROP TABLE`.

Если конфликтный запрос короткий, обычно желательно разрешить ему завершиться, ненадолго задержав применение записей WAL, но слишком большая задержка в применении WAL обычно нежелательна. Поэтому механизм отмены имеет параметры max_standby_archive_delay и max_standby_streaming_delay, которые определяют максимально допустимое время задержки применения WAL. Конфликтующие запросы будут отменены, если они длятся дольше допустимого времени задержки применения очередных записей WAL. Два параметра существуют для того, чтобы можно было задать разные значения для чтения записей WAL из архива (то есть при начальном восстановлении из базовой копии либо при «навёрстывании» ведущего сервера в случае большого отставания) и для получения записей WAL при потоковой репликации.

На резервном сервере, созданном преимущественно для отказоустойчивости, лучше выставлять параметры задержек относительно небольшими, чтобы он не мог сильно отстать от ведущего из-за задержек, связанных с ожиданием запросов горячего резерва. Однако если резервный сервер предназначен для выполнения длительных запросов, то высокое значение или даже бесконечное ожидание могут быть предпочтительнее. Тем не менее следует иметь в виду, что длительные запросы могут оказать влияние на другие сеансы на резервном сервере в виде отсутствия последних изменений от ведущего из-за задержки применения записей WAL.

В случае, если задержка, определённая max_standby_archive_delay или max_standby_streaming_delay будет превышена, конфликтующий запрос будет отменён. Обычно это выражается в виде ошибки отмены, но в случае проигрывания команды DROP DATABASE обрывается весь конфликтный сеанс. Так же, если конфликт произошел при блокировке, вызванной транзакцией в состоянии IDLE, конфликтный сеанс разрывается (это поведение может изменить в будущем).

Отменённые запросы могут быть немедленно повторены (конечно после старта новой транзакции). Так как причина отмены зависит от природы проигрываемых записей WAL, запрос, который был отменён, может быть успешно выполнен вновь.

Следует учесть, что параметры задержки отсчитываются от времени получения резервным сервером данных WAL. Таким образом, период дозволенной работы для запроса на резервном сервере никогда не может быть длиннее параметра задержки и может быть существенно короче, если резервный уже находится в режиме задержки в результате ожидания предыдущего запроса или результат не доступен из-за высокой нагрузки обновлений.

Наиболее частой причиной конфликтов между запросами на резервном сервере и проигрыванием WAL является преждевременная очистка. Обычно PostgreSQL допускает очистку старых версий записей при условии что ни одна из транзакций их не видит согласно правилам видимости данных для MVCC. Тем не менее эти правила применяются только для транзакций, выполняемых на главном сервере. Таким образом, допустима ситуация, когда на главном запись уже очищена, но эта же запись всё ещё видна для транзакций на резервном сервере.

Для опытных пользователей следует отметить, что как очистка старых версий строк, так и заморозка версии строки могут потенциально вызвать конфликт с запросами на резервном сервере. Ручной запуск команды VACUUM FREEZE может привести к конфликту, даже в таблице без обновленных и удалённых строк.

Пользователи должны понимать, что регулярное и активное изменение данных в таблицах на ведущем сервере чревато отменой длительных запросов на резервном. В таком случае установка конечного значения для max_standby_archive_delay или max_standby_streaming_delay действует подобно ограничению statement_timeout.

В случае, если количество отменённых запросов на резервном сервере получается неприемлемым, существует ряд дополнительных возможностей. Первая возможность — установить параметр hot_standby_feedback, который не даёт команде VACUUM удалять записи, ставшие недействительными недавно, что предотвращает конфликты очистки. При этом следует учесть, что это вызывает задержку очистки мёртвых строк на ведущем, что может привести к нежелательному раздуванию таблицы. Тем не менее в итоге ситуация будет не хуже, чем если бы запросы к резервному серверу исполнялись непосредственно на ведущем, но при этом сохранится положительный эффект от разделения нагрузки. В случае, когда соединение резервных серверов с ведущим часто разрывается, следует скорректировать период, в течение которого обратная связь через hot_standby_feedback не обеспечивается. Например, следует подумать об увеличении max_standby_archive_delay, чтобы запросы отменялись не сразу при конфликтах с архивом WAL в период разъединения. Также может иметь смысл увеличить max_standby_streaming_delay для предотвращения быстрой отмены запросов из-за полученных записей WAL после восстановления соединения.

Другая возможность — увеличение vacuum_defer_cleanup_age на ведущем сервере таким образом, чтобы мёртвые записи не очищались бы так быстро, как при обычном режиме работы. Это даёт запросам на резервном сервере больше времени на выполнение, прежде чем они могут быть отменены, без увеличения задержки max_standby_streaming_delay. Тем не менее при таком подходе очень трудно обеспечить какое-то определённое окно по времени, так как vacuum_defer_cleanup_age измеряется в количестве транзакций, выполняемых на ведущем сервере.

Количество отменённых запросов и причины отмены можно просмотреть через системное представление pg_stat_database_conflicts на резервном сервере. Системное представление pg_stat_database так же содержит итоговую информацию.

26.5.3. Обзор административной части

Если в файле postgresql.conf параметр hot_standby имеет значение on (значение по умолчанию) и существует файл standby.signal, сервер запустится в режиме горячего резерва. Однако может пройти некоторое время, прежде чем к нему можно будет подключиться, так как он не будет принимать подключения, пока не произведёт восстановление до согласованного состояния, подходящего для выполнения запросов. (Информация о согласованности состояния записывается на ведущем сервере в контрольной точке.) В течение этого периода клиенты при попытке подключения будут получать сообщение об ошибке. Убедиться, что сервер включился в работу, можно либо повторяя попытки подключения из приложения до успешного подключения, либо дождавшись появления в журналах сервера таких сообщений:

```
LOG:  entering standby mode

... then some time later ...

LOG:  consistent recovery state reached
LOG:  database system is ready to accept read only connections
```

Включить горячий резерв нельзя, если WAL был записан в период, когда на ведущем сервере параметр wal_level имел значение, отличное от replica и logical. Достижение согласованного состояния также может быть отсрочено, если имеют место оба этих условия:

- Пишущая транзакция имеет более 64 подтранзакций
- Очень длительные пишущие транзакции

Если вы применяете файловую репликацию журналов («тёплый резерв»), возможно, придётся ожидать прибытия следующего файла WAL (максимальное время ожидания задаётся параметром archive_timeout на ведущем сервере).

Значения некоторых параметров на резервном сервере необходимо изменить при модификации их на ведущем. Для таких параметров значения на резервном сервере должны быть не меньше значений на ведущем. Таким образом, если вы хотите увеличить их, вы сначала должны сделать это на резервных серверах, а затем применить изменения на ведущем. И наоборот, если вы хотите их уменьшить, сначала сделайте это на ведущем сервере, а потом примените изменения на всех резервных. Если параметры имеют недостаточно большие значения, резервный сервер не сможет начать работу. В этом случае можно увеличить их и повторить попытку запуска сервера, чтобы он возобновил восстановление. Это касается следующих параметров:

- max_connections
- max_prepared_transactions
- max_locks_per_transaction
- max_wal_senders
- max_worker_processes

Очень важно для администратора выбрать подходящие значения для max_standby_archive_delay и max_standby_streaming_delay. Оптимальное значение зависит от приоритетов. Например, если основное назначение сервера — обеспечение высокой степени доступности, то следует установить короткий период, возможно даже нулевой, хотя это очень жёсткий вариант. Если резервный сервер планируется как дополнительный сервер для аналитических запросов, то приемлемой будет максимальная задержка в несколько часов или даже -1, что означает бесконечное ожидание окончания запроса.

Вспомогательные биты статуса транзакций, записанные на ведущем, не попадают в WAL, так что они, скорее всего, будут перезаписаны на нём при работе с данными. Таким образом, резервный сервер будет производить запись на диск, даже если все пользователи только читают данные, ничего не меняя. Кроме того, пользователи будут записывать временные файлы при сортировке больших объёмов и обновлять файлы кеша. Поэтому в режиме горячего резерва ни одна часть базы данных фактически не работает в режиме «только чтение». Следует отметить, что также возможно выполнить запись в удалённую базу данных с помощью модуля dblink и другие операции вне базы данных с применением PL-функций, несмотря на то, что транзакции по-прежнему смогут только читать данные.

Следующие типы административных команд недоступны в течение режима восстановления:

- Команды определения данных (DDL): `CREATE INDEX` и т. п.
- Команды управления правами и назначения владельца: `GRANT`, `REVOKE`, `REASSIGN`
- Команды обслуживания: `ANALYZE`, `VACUUM`, `CLUSTER`, `REINDEX`

Ещё раз следует отметить, что некоторые из этих команд фактически доступны на ведущем сервере для транзакций в режиме только для чтения.

В результате нельзя создать дополнительные индексы или статистику, чтобы они существовали только на резервном. Если подобные административные команды нужны, то их следует выполнить на ведущем сервере, затем эти изменения будут распространены на резервные серверы.

Функции `pg_cancel_backend()` и `pg_terminate_backend()` работают на стороне пользователя, но не для процесса запуска, который обеспечивает восстановление. Представление `pg_stat_activity` не показывает восстанавливаемые транзакции как активные. Поэтому представление `pg_prepared_xacts` всегда пусто в ходе восстановления. Если требуется разобрать сомнительные подготовленные транзакции, следует обратиться к `pg_prepared_xacts` на ведущем и выполнить команды для разбора транзакций там либо разобрать их по окончании восстановления.

`pg_locks` отображает блокировки, происходящие в процессе работы сервера как обычно. `pg_locks` так же показывает виртуальные транзакции, обработанные процессом запуска, которому принадлежат все `AccessExclusiveLocks`, наложенные транзакциями в режиме восстановления. Следует отметить, что процесс запуска не запрашивает блокировки, чтобы внести изменения в базу данных, поэтому блокировки, отличные от `AccessExclusiveLocks` не показываются в `pg_locks` для процесса запуска, подразумевается их существование.

Модуль check_pgsql для Nagios будет работать, так как сервер выдаёт простую информацию, наличие которой он проверяет. Скрипт мониторинга check_postgres так же работает, хотя для некоторых выдаваемых показателей результаты могут различаться или вводить в заблуждение. Например, нельзя отследить время последней очистки, так как очистка не производится на резервном сервере. Очистка запускается на ведущем сервере и результаты её работы передаются резервному.

Команды управления файлами WAL, например `pg_start_backup`, `pg_switch_wal` и т. д. не будут работать во время восстановления.

Динамически загружаемые модули работать будут, включая `pg_stat_statements`.

Рекомендательная блокировка работает обычно при восстановлении, включая обнаружение взаимных блокировок. Следует отметить, что рекомендательная блокировка никогда не попадает в WAL, таким образом для рекомендательной блокировки как на ведущем сервере, так и на резервном, невозможен конфликт с проигрыванием WAL. Но возможно получение рекомендательной блокировки на ведущем сервере, а затем получение подобной рекомендательной блокировки на резервном. Рекомендательная блокировка относится только к серверу, на котором она получена.

Системы репликации на базе триггеров, подобные Slony, Londiste и Bucardo не могут запускаться на резервном сервере вовсе, хотя они превосходно работают на ведущем до тех пор, пока не будет подана команда не пересылать изменения на резервный. Проигрывание WAL не основано на триггерах, поэтому поток WAL нельзя транслировать с резервного сервера в другую систему, которая требует дополнительной записи в БД или работает на основе триггеров.

Новые OID не могут быть выданы, хотя, например генераторы UUID смогут работать, если они не пытаются записывать новое состояние в базу данных.

В настоящий момент создание временных таблиц недопустимо при транзакции только для чтения, в некоторых случаях существующий скрипт будет работать неверно. Это ограничение может быть ослаблено в следующих выпусках. Это одновременно требование SQL стандарта и техническое требование.

Команда `DROP TABLESPACE` может быть выполнена только если табличное пространство пусто. Некоторые пользователи резервного сервера могут активно использовать табличное пространство через параметр `temp_tablespaces`. Если имеются временные файлы в табличных пространствах, все активные запросы отменяются для обеспечения удаления временных файлов, затем табличное пространство может быть удалено и продолжено проигрывание WAL.

Выполнение команды `DROP DATABASE` или `ALTER DATABASE ... SET TABLESPACE` на ведущем сервере приводит к созданию записи в WAL, которая вызывает принудительное отключение всех пользователей, подключённых к этой базе данных на резервном. Это происходит немедленно, вне зависимости от значения `max_standby_streaming_delay`. Следует отметить, что команда `ALTER DATABASE ... RENAME` не приводит к отключению пользователей, так что обычно она действует незаметно, хотя в некоторых случаях возможны сбои программ, которые зависят от имени базы данных.

Если вы в обычном режиме (не в режиме восстановления) выполните `DROP USER` или `DROP ROLE` для роли с возможностью подключения, в момент, когда этот пользователь подключён, на данном пользователе это никак не отразится — он останется подключённым. Однако переподключиться он уже не сможет. Это же поведение действует в режиме восстановления — если выполнить `DROP USER` на ведущем сервере, пользователь не будет отключён от резервного.

Сборщик статистики работает во время восстановления. Все операции сканирования, чтения, блоки, использование индексов и т. п. будут записаны обычным образом на резервном сервере. Действия, происходящие при проигрывании, не будут дублировать действия на ведущем сервере, то есть проигрывание команды вставки не увеличит значение столбца Inserts в представлении pg_stat_user_tables. Файлы статистики удаляются с началом восстановления, таким образом, статистика на ведущем сервере и резервном будет разной. Это является особенностью, не ошибкой.

Автоматическая очистка не работает во время восстановления. Она запустится в обычном режиме после завершения восстановления.

Во время восстановления работает процесс контрольных точек и процесс фоновой записи. Процесс контрольных точек обрабатывает точки перезапуска (подобные контрольным точкам на ведущем сервере), а процесс фоновой записи выполняет обычные операции по очистке блоков. В том числе он может обновлять вспомогательные биты, сохранённые на резервном сервере. Во время восстановления принимается команда `CHECKPOINT`, но она производит точку перезапуска, а не создаёт новую точку восстановления.

26.5.4. Ссылки на параметры горячего резерва

Различные параметры были упомянуты выше в Подразделе 26.5.2 и Подразделе 26.5.3.

На ведущем могут применяться параметры wal_level и vacuum_defer_cleanup_age. Параметры max_standby_archive_delay и max_standby_streaming_delay на ведущем не действуют.

На резервном сервере могут применяться параметры hot_standby, max_standby_archive_delay и max_standby_streaming_delay. Параметр vacuum_defer_cleanup_age на нём не действует, пока сервер остаётся в режиме резервного сервера. Но если он станет ведущим, его значение вступит в силу.

26.5.5. Ограничения

Имеются следующие ограничения горячего резерва. Они могут и скорее всего будут исправлены в следующих выпусках:

- Требуется информация о всех запущенных транзакциях перед тем как будет создан снимок данных. Транзакции, использующие большое количество подтранзакций (в настоящий момент больше 64), будут задерживать начало соединения только для чтения до завершения самой длинной пишущей транзакции. При возникновении этой ситуации поясняющее сообщение будет записано в журнал сервера.

- Подходящие стартовые точки для запросов на резервном сервере создаются при каждой контрольной точке на главном. Если резервный сервер отключается, в то время как главный был в отключённом состоянии, может оказаться невозможным возобновить его работу в режиме горячего резерва, до того, как запустится ведущий и добавит следующие стартовые точки в журналы WAL. Подобная ситуация не является проблемой для большинства случаев, в которых она может произойти. Обычно, если ведущий сервер выключен и больше не доступен, это является следствием серьёзного сбоя и в любом случае требует преобразования резервного в новый ведущий. Так же в ситуации, когда ведущий отключён намеренно, проверка готовности резервного к преобразованию в ведущий тоже является обычной процедурой.
- В конце восстановления блокировки `AccessExclusiveLocks`, вызванные подготовленными транзакциями, требуют удвоенное, в сравнении с нормальным, количество блокировок записей таблицы. Если планируется использовать либо большое количество конкурирующих подготовленных транзакций, обычно вызывающие `AccessExclusiveLocks`, либо большие транзакции с применением большого количества `AccessExclusiveLocks`, то рекомендуется выбрать большое значение параметра `max_locks_per_transaction`, возможно в два раза большее, чем значение параметра на ведущем сервере. Всё это не имеет значения, когда `max_prepared_transactions` равно 0.
- Уровень изоляции транзакции Serializable в настоящее время недоступен в горячем резерве. (За подробностями обратитесь к Подразделу 13.2.3 и Подразделу 13.4.1) Попытка выставить для транзакции такой уровень изоляции в режиме горячего резерва вызовет ошибку.

Глава 27. Мониторинг работы СУБД

Администратор базы данных часто задумывается — «чем в данный момент занята система?» В этой главе рассказывается о том, как это выяснить.

Для мониторинга работы СУБД и анализа её производительности существуют различные инструменты. Большая часть этой главы посвящена описанию работы сборщика статистики PostgreSQL, однако не следует пренебрегать и обычными командами мониторинга Unix, такими как `ps`, `top`, `iostat`, и `vmstat`. Кроме того, после обнаружения запроса с низкой производительностью может потребоваться дополнительное исследование с использованием PostgreSQL команды EXPLAIN. В Разделе 14.1 рассматриваются `EXPLAIN` и другие методы для изучения поведения отдельного запроса.

27.1. Стандартные инструменты Unix

В большинстве Unix-платформ PostgreSQL модифицирует заголовок команды, который выводится на экран при выполнении команды `ps`, так что серверные процессы можно легко различить. Пример вывода этой команды:

```
$ ps auxww | grep ^postgres
postgres  15551  0.0  0.1  57536  7132 pts/0    S    18:02   0:00 postgres -i
postgres  15554  0.0  0.0  57536  1184 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: background
 writer
postgres  15555  0.0  0.0  57536   916 ?        Ss   18:02   0:00 postgres:
 checkpointer
postgres  15556  0.0  0.0  57536   916 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: walwriter
postgres  15557  0.0  0.0  58504  2244 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: autovacuum
 launcher
postgres  15558  0.0  0.0  17512  1068 ?        Ss   18:02   0:00 postgres: stats
 collector
postgres  15582  0.0  0.0  58772  3080 ?        Ss   18:04   0:00 postgres: joe runbug
 127.0.0.1 idle
postgres  15606  0.0  0.0  58772  3052 ?        Ss   18:07   0:00 postgres: tgl
 regression [local] SELECT waiting
postgres  15610  0.0  0.0  58772  3056 ?        Ss   18:07   0:00 postgres: tgl
 regression [local] idle in transaction
```

(Формат вызова `ps`, а также детали отображаемой информации зависят от платформы. Это пример для одной из последних Linux-систем.) Первым здесь отображается главный процесс сервера. Для этого процесса отображены аргументы команды, которые использовались при его запуске. Следующие пять процессов — это фоновые рабочие процессы, которые были автоматически запущены процессом сервера. (Процесса «stats collector» в этом списке не будет, если запуск сборщика статистики отключён в системе; аналогично может быть отключён и процесс «autovacuum launcher» — фоновый процесс автоочистки.) Во всех остальных строках перечислены серверные процессы, каждый из которых обслуживает одно клиентское подключение. Командная строка каждого такого процесса имеет следующий формат:

```
postgres: пользователь база_данных компьютер активность
```

Пользователь, СУБД и компьютер (клиента) остаются неизменными на протяжении всего клиентского подключения, а индикатор деятельности меняется. Возможные виды деятельности: `idle` (т. е. ожидание команды клиента), `idle in transaction` (ожидание клиента внутри блока `BEGIN`) или название типа команды, например, `SELECT`. Кроме того, если в настоящий момент серверный процесс ожидает высвобождения блокировки, которую держит другой сеанс, то к виду деятельности добавляется `waiting`. В приведённом выше примере мы видим, что процесс 15606 ожидает, когда процесс 15610 завершит свою транзакцию и, следовательно, освободит какую-то блокировку. (Процесс 15610 является блокирующим, поскольку никаких других активных сеансов нет. В более сложных случаях может потребоваться обращение к системному представлению `pg_locks`, для того чтобы определить, кто кого блокирует.)

Если установлено значение cluster_name, имя кластера также будет показываться в выводе команды ps:

```
$ psql -c 'SHOW cluster_name'
 cluster_name
--------------
 server1
(1 row)

$ ps aux|grep server1
postgres   27093  0.0  0.0  30096  2752 ?        Ss   11:34   0:00 postgres: server1:
 background writer
...
```

Если параметр update_process_title был отключён, то индикатор деятельности не обновляется; название процесса устанавливается только один раз при запуске нового процесса. На некоторых платформах это позволяет значительно сократить накладные расходы при выполнении команды; на других платформах этот выигрыш может быть незначителен.

> **Подсказка**
>
> В Solaris требуется особый подход. Следует использовать `/usr/ucb/ps` вместо `/bin/ps`. Также следует использовать два флага `w`, а не один. Кроме того, при выводе статусов команд с помощью `ps` статус для исходной команды `postgres` должен отображаться в сокращённом формате для каждого серверного процесса. Если вы не сделаете все три вещи, то вывод `ps` для каждого серверного процесса будет исходной командной строкой `postgres`.

27.2. Сборщик статистики

Сборщик статистики в PostgreSQL представляет собой подсистему, которая собирает и отображает информацию о работе сервера. В настоящее время сборщик может подсчитывать количество обращений к таблицам и индексам — в виде количества прочитанных блоков или строк с диска. Кроме того, он отслеживает общее число строк в каждой таблице, информацию о выполнении очистки и сбора статистики для каждой таблицы. Он также может подсчитывать вызовы пользовательских функций и общее время, затраченное на выполнение каждой из них.

Кроме того, PostgreSQL может предоставить динамическую информацию о том, что происходит в системе прямо сейчас, в частности, сообщить, какие именно команды выполняются другими серверными процессами и какие другие соединения существуют в системе. Эта возможность не зависит от процесса сборщика.

27.2.1. Конфигурация системы сбора статистики

Поскольку сбор статистики несколько увеличивает накладные расходы при выполнении запроса, есть возможность настроить СУБД так, чтобы выполнять или не выполнять сбор статистической информации. Это контролируется конфигурационными параметрами, которые обычно устанавливаются в файле `postgresql.conf`. (Подробно установка конфигурационных параметров описывается в Главе 19.)

Параметр track_activities включает мониторинг текущих команд, выполняемой любым серверным процессом.

Параметр track_counts определяет необходимость сбора статистики по обращениям к таблицам и индексам.

Параметр track_functions включает отслеживание использования пользовательских функций.

Параметр track_io_timing включает мониторинг времени чтения и записи блоков.

Обычно эти параметры устанавливаются в postgresql.conf, поэтому они применяются ко всем серверным процессам, однако, используя команду SET, их можно включать и выключать в отдельных сеансах. (Для того чтобы обычные пользователи не скрывали свою работу от администратора СУБД, изменять эти параметры с помощью команды SET могут только суперпользователи.)

Сборщик статистики использует временные файлы для передачи собранной информации другим процессам PostgreSQL. Имя каталога, в котором хранятся эти файлы, задаётся параметром stats_temp_directory, по умолчанию он называется pg_stat_tmp. Для повышения производительности stats_temp_directory может указывать на каталог, расположенный в оперативной памяти, что сокращает время физического ввода/вывода. При остановке сервера постоянная копия статистической информации сохраняется в подкаталоге pg_stat, поэтому статистику можно хранить на протяжении нескольких перезапусков сервера. Когда восстановление выполняется при запуске сервера (например, после непосредственного завершения работы, катастрофического отказа сервера, и восстановлении на заданную точку во времени), все статистические данные счётчиков сбрасываются.

27.2.2. Просмотр статистики

Для просмотра текущего состояния системы предназначены несколько предопределённых представлений, которые перечислены в Таблице 27.1. В дополнение к ним есть несколько других представлений, перечисленных в Таблице 27.2, позволяющих просмотреть результаты сбора статистики. Кроме того, на базе нижележащих статистических функций можно создать собственные представления, как описано в Подразделе 27.2.20.

Наблюдая собранные данные в сборщике статистики, важно понимать, что эта информация обновляется не сразу. Каждый серверный процесс передаёт новые статистические данные сборщику статистики непосредственно перед переходом в режим ожидания; то есть запрос или транзакция в процессе выполнения не влияют на отображаемые данные статистики. К тому же, сам сборщик статистики формирует новый отчёт не чаще, чем раз в PGSTAT_STAT_INTERVAL миллисекунд (500 мс, если этот параметр не изменялся при компиляции сервера). Так что отображаемая информация отстаёт от того, что происходит в настоящий момент. Однако информация о текущем запросе, собираемая с параметром track_activities, всегда актуальна.

Ещё одним важным моментом является то, что когда в серверном процессе запрашивают какую-либо статистику, сначала он получает наиболее свежий моментальный снимок от сборщика статистики и затем до окончания текущей транзакции использует этот снимок для всех статистических представлений и функций. Так что на протяжении одной транзакции статистическая информация меняться не будет. Подобным же образом информация о текущих запросах во всех сеансах собирается в тот момент, когда она впервые запрашивается в рамках транзакции, и эта же самая информация будет отображаться на протяжении всей транзакции. Это не ошибка, а полезное свойство СУБД, поскольку оно позволяет выполнять запросы к статистическим данным и сравнивать результаты, не беспокоясь о том, что статистические данные изменяются. Но если для каждого запроса вам нужны новые результаты, то их следует выполнять вне любых транзакционных блоков. Или же можно вызывать функцию pg_stat_clear_snapshot(), которая сбросит ранее полученный снимок статистики в текущей транзакции (если он был). При следующем обращении к статистической информации будет сформирован новый моментальный снимок.

Через представления pg_stat_xact_all_tables, pg_stat_xact_sys_tables, pg_stat_xact_user_tables, и pg_stat_xact_user_functions транзакции также доступна её собственная статистика (ещё не переданная сборщику статистики). Данные в этих представлениях ведут себя не так, как описано выше; наоборот, в течение транзакции они постоянно обновляются.

Часть информации в представлениях с динамическими статистическими данными, перечисленных в Таблице 27.1 скрыта по соображениям безопасности. Обычные пользователи могут получать информацию только о своих собственных сеансах (сеансах, принадлежащих роли, членами которой они являются). В строках, относящимся к другим сеансам, многие столбцы будут содержать NULL.

Заметьте однако, что информация о самом сеансе и его общих свойствах, например, текущем пользователе и базе данных, доступна всем пользователям. Суперпользователи и члены встроенной роли pg_read_all_stats (см. также Раздел 21.5) могут получить всю информацию о любом сеансе.

Таблица 27.1. Динамические статистические представления

Имя представления	Описание
pg_stat_activity	Одна строка для каждого серверного процесса с информацией о текущей активности процесса, включая его состояние и текущий запрос. Подробности в pg_stat_activity .
pg_stat_replication	По одной строке для каждого процесса-передатчика WAL со статистикой по репликации на ведомом сервере, к которому подключён этот процесс. Подробности в pg_stat_replication .
pg_stat_wal_receiver	Только одна строка со статистикой приёмника WAL, полученной с сервера, на котором работает приёмник. Подробности в pg_stat_wal_receiver .
pg_stat_subscription	Как минимум одна строка для подписки, сообщающая о рабочих процессах подписки. Подробности в pg_stat_subscription .
pg_stat_ssl	Одна строка для каждого подключения (обычного и реплицирующего), в которой показывается информация об использовании SSL для данного подключения. Подробности в pg_stat_ssl .
pg_stat_gssapi	Одна строка для каждого подключения (обычного и реплицирующего), в которой показывается информация об использовании аутентификации и шифровании GSSAPI для данного подключения. Подробности в pg_stat_gssapi .
pg_stat_progress_analyze	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), в котором работает ANALYZE. См. Подраздел 27.4.1.
pg_stat_progress_create_index	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса, в котором выполняется CREATE INDEX или REINDEX. См. Подраздел 27.4.2.
pg_stat_progress_vacuum	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), в котором работает VACUUM. См. Подраздел 27.4.3.
pg_stat_progress_cluster	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса, в котором выполняется CLUSTER или VACUUM FULL. См. Подраздел 27.4.4.
pg_stat_progress_basebackup	По одной строке с текущим состоянием для каждого передающего WAL процесса, транслирующего базовую копию. См. Подраздел 27.4.5.

Таблица 27.2. Представления собранной статистики

Имя представления	Описание
pg_stat_archiver	Только одна строка со статистикой работы процесса архивации WAL. Подробности в pg_stat_archiver .
pg_stat_bgwriter	Только одна строка со статистикой работы фонового процесса записи. Подробности в pg_stat_bgwriter .
pg_stat_database	Одна строка для каждой базы данных со статистикой на уровне базы. Подробности в pg_stat_database .
pg_stat_database_conflicts	По одной строке на каждую базу данных со статистикой по отменам запросов, выполненным вследствие конфликта с процессами восстановления на ведомых серверах. Подробности в pg_stat_database_conflicts .
pg_stat_all_tables	По одной строке на каждую таблицу в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этой таблице. Подробности в pg_stat_all_tables .
pg_stat_sys_tables	Аналогично pg_stat_all_tables , за исключением того, что отображаются только системные таблицы.
pg_stat_user_tables	Аналогично pg_stat_all_tables , за исключением того, что отображаются только пользовательские таблицы.
pg_stat_xact_all_tables	Подобно pg_stat_all_tables , но подсчитывает действия, выполненные в текущей транзакции к настоящему моменту (которые ещё *не* вошли в pg_stat_all_tables и связанные представления). Столбцы для числа живых и мёртвых строк, а также количества операций очистки и сбора статистики, в этом представлении отсутствуют.
pg_stat_xact_sys_tables	Аналогично pg_stat_xact_all_tables , за исключением того, что отображаются только системные таблицы.
pg_stat_xact_user_tables	Аналогично pg_stat_xact_all_tables , за исключением того, что отображаются только пользовательские таблицы.
pg_stat_all_indexes	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этому индексу. Подробности в pg_stat_all_indexes .
pg_stat_sys_indexes	Аналогично pg_stat_all_indexes , за исключением того, что показываются только индексы по системным таблицам.
pg_stat_user_indexes	Аналогично pg_stat_all_indexes , за исключением того, что показываются только индексы по пользовательским таблицам.

Имя представления	Описание
pg_statio_all_tables	По одной строке для каждой таблицы в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода с этой таблицей. Подробности в pg_statio_all_tables.
pg_statio_sys_tables	Аналогично pg_statio_all_tables, за исключением того, что показываются только системные таблицы.
pg_statio_user_tables	Аналогично pg_statio_all_tables, за исключением того, что показываются только пользовательские таблицы.
pg_statio_all_indexes	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этого индекса. Подробности в pg_statio_all_indexes.
pg_statio_sys_indexes	Аналогично pg_statio_all_indexes, за исключением того, что показываются только индексы по системным таблицам.
pg_statio_user_indexes	Аналогично pg_statio_all_indexes, за исключением того, что показываются только индексы по пользовательским таблицам.
pg_statio_all_sequences	По одной строке для каждой последовательности в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода с этой последовательностью. Подробности в pg_statio_all_sequences.
pg_statio_sys_sequences	Аналогично pg_statio_all_sequences, за исключением того, что показываются только системные последовательности. (В настоящее время системных последовательностей нет, поэтому это представление всегда пусто.)
pg_statio_user_sequences	Аналогично pg_statio_all_sequences, за исключением того, что показываются только пользовательские последовательности.
pg_stat_user_functions	По одной строке для каждой отслеживаемой функции со статистикой по выполнениям этой функции. Подробности в pg_stat_user_functions.
pg_stat_xact_user_functions	Аналогично pg_stat_user_functions, однако подсчитываются только вызовы функций, выполненные в текущей транзакции (которые ещё *не* были включены в pg_stat_user_functions).
pg_stat_slru	Одна строка со статистикой работы для каждого SLRU-кеша. Подробности в pg_stat_slru.

Статистика по отдельным индексам особенно полезна для определения того, какие индексы используются и насколько они эффективны.

Представления pg_statio_ полезны, прежде всего, для определения эффективности буферного кеша. Если количество фактических дисковых чтений существенно меньше количества чтений из буферного кеша, то это означает, что кеш справляется с большинством запросов на чтение без обращения к ядру. Однако эта статистика не даёт полной картины: PostgreSQL обрабатывает дисковый ввод/вывод так, что данные, не находящиеся в буферном кеше PostgreSQL, могут все ещё располагаться в кеше ввода/вывода ядра, и, следовательно, для их получения физическое чтение может не использоваться. Для получения более детальной информации о процессе ввода/вывода в PostgreSQL рекомендуется использовать сборщик статистики PostgreSQL в сочетании с утилитами операционной системы, которые дают более полное представление о том, как ядро осуществляет ввод/вывод.

27.2.3. pg_stat_activity

В представлении pg_stat_activity для каждого серверного процесса будет присутствовать по одной строке с информацией, относящейся к текущей деятельности этого процесса.

Таблица 27.3. Представление pg_stat_activity

Тип столбца Описание
datid oid OID базы данных, к которой подключён этот серверный процесс
datname name Имя базы данных, к которой подключён этот серверный процесс
pid integer Идентификатор процесса этого серверного процесса
leader_pid integer Идентификатор ведущего процесса группы, если текущий процесс является исполнителем параллельного запроса. NULL, если этот процесс является ведущим или не задействован в параллельном запросе.
usesysid oid OID пользователя, подключённого к этому серверному процессу
usename name Имя пользователя, подключённого к этому серверному процессу
application_name text Название приложения, подключённого к этому серверному процессу
client_addr inet IP-адрес клиента, подключённого к этому серверному процессу. Значение null в этом поле означает, что клиент подключён через сокет Unix на стороне сервера или что это внутренний процесс, например, автоочистка.
client_hostname text Имя компьютера для подключённого клиента, получаемое в результате обратного поиска в DNS по client_addr . Это поле будет отлично от null только в случае соединений по IP и только при включённом режиме log_hostname.
client_port integer Номер TCP-порта, который используется клиентом для соединения с этим обслуживающим процессом, или -1, если используется сокет Unix. Если поле содержит NULL, это означает, что это внутренний серверный процесс.
backend_start timestamp with time zone Время запуска процесса. Для процессов, обслуживающих клиентов, это время подключения клиента к серверу.
xact_start timestamp with time zone Время начала текущей транзакции в этом процессе или null при отсутствии активной транзакции. Если текущий запрос был первым в своей транзакции, то значение в этом столбце совпадает со значением столбца query_start .
query_start timestamp with time zone

Тип столбца Описание
Время начала выполнения активного в данный момент запроса, или, если `state` не `active`, то время начала выполнения последнего запроса
`state_change timestamp with time zone` Время последнего изменения состояния (поля `state`)
`wait_event_type text` Тип события, которого ждёт обслуживающий процесс, если это ожидание имеет место; в противном случае — NULL. См. Таблицу 27.4.
`wait_event text` Имя ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. См. также Таблица 27.5 – Таблица 27.13.
`state text` Общее текущее состояние этого серверного процесса. Возможные значения: • `active`: серверный процесс выполняет запрос. • `idle`: серверный процесс ожидает новой команды от клиента. • `idle in transaction`: серверный процесс находится внутри транзакции, но в настоящее время не выполняет никакой запрос. • `idle in transaction (aborted)` : Это состояние подобно `idle in transaction`, за исключением того, что один из операторов в транзакции вызывал ошибку. • `fastpath function call`: серверный процесс выполняет fast-path функцию. • `disabled`: Это состояние отображается для серверных процессов, у которых параметр track_activities отключён.
`backend_xid xid` Идентификатор верхнего уровня транзакции этого серверного процесса, если такой идентификатор есть.
`backend_xmin xid` Текущая граница `xmin` для серверного процесса.
`query text` Текст последнего запроса этого серверного процесса. Если `state` имеет значение `active`, то в этом поле отображается запрос, который выполняется в настоящий момент. Если процесс находится в любом другом состоянии, то в этом поле отображается последний выполненный запрос. По умолчанию текст запроса обрезается до 1024 байт; это число определяется параметром track_activity_query_size.
`backend_type text` Тип текущего серверного процесса. Возможные варианты: `autovacuum launcher`, `autovacuum worker`, `logical replication launcher`, `logical replication worker`, `parallel worker`, `background writer`, `client backend`, `checkpointer`, `startup`, `walreceiver`, `walsender` и `walwriter`. Кроме того, фоновые рабочие процессы, регистрируемые расширениями, могут иметь дополнительные типы.

Примечание

Значения в столбцах `wait_event` и `state` не зависят друг от друга. Если обслуживающий процесс находится в состоянии `active` (активен), он может ожидать какое-то событие, или не ожидать никакое. Если состояние `active` и поле `wait_event` не содержит NULL, это означает, что запрос выполняется, но заблокирован чем-то в системе.

Таблица 27.4. Типы событий ожидания

Тип события ожидания	Описание
`Activity`	Серверный процесс простаивает. Это состояние показывает, что процесс ожидает активности в основном цикле обработки. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания; см. Таблицу 27.5.
`BufferPin`	Серверный процесс ожидает исключительного доступа к буферу данных. Ожидание закрепления буфера может растягиваться, если другой процесс удерживает открытый курсор, который до этого читал данные из целевого буфера. См. Таблицу 27.6.
`Client`	Серверный процесс ожидает в сокете некоторую активность пользовательского приложения. То есть сервер ждёт, что произойдёт какое-то событие, не зависящее от его внутренних процессов. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания; см. Таблицу 27.7.
`Extension`	Серверный процесс ожидает условия, возникающего в модуле расширения. См. Таблицу 27.8.
`IO`	Серверный процесс ожидает завершения операции ввода/вывода. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания; см. Таблицу 27.9.
`IPC`	Серверный процесс ожидает взаимодействия с другим процессом. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания; см. Таблицу 27.10.
`Lock`	Серверный процесс ожидает тяжёлую блокировку. Тяжёлые блокировки, также называемые блокировками менеджера блокировок или просто блокировками, в основном защищают объекты уровня SQL, такие как таблицы. Однако они также применяются для взаимоисключающего выполнения некоторых внутренних операций, например, расширения отношений. Тип ожидаемой блокировки показывается в `wait_event`; см. Таблицу 27.11.
`LWLock`	Серверный процесс ожидает лёгкую блокировку. В большинстве своём такие блокировки защищают определённые структуры данных в общей памяти. В `wait_event` будет содержаться имя, отражающее цель получения лёгкой блокировки. (Некоторые блокировки имеют особые имена; другие объединяются в группы блокировок с похожим предназначением.) См. Таблицу 27.12.
`Timeout`	Серверный процесс ожидает истечения определённого времени. В `wait_event` обозначается конкретное место ожидания; см. Таблицу 27.13.

Таблица 27.5. События ожидания, относящиеся к типу `Activity`

Событие ожидания `Activity`	**Описание**
`ArchiverMain`	Ожидание в основном цикле процесса архиватора.
`AutoVacuumMain`	Ожидание в основном цикле процесса запуска автоочистки.
`BgWriterHibernate`	Ожидание в фоновом процессе записи, переход в режим «заморозки».
`BgWriterMain`	Ожидание в основном цикле процесса фоновой записи.
`CheckpointerMain`	Ожидание в основном цикле процесса контрольной точки.
`LogicalApplyMain`	Ожидание в основном цикле процесса применения логической репликации.
`LogicalLauncherMain`	Ожидание в основном цикле процесса запуска обработчиков логической репликации.
`PgStatMain`	Ожидание в основном цикле процесса сборщика статистики.
`RecoveryWalStream`	Ожидание поступления записей WAL в основном цикле стартового процесса во время восстановления.
`SysLoggerMain`	Ожидание в основном цикле процесса системного журнала (syslogger).
`WalReceiverMain`	Ожидание в основном цикле процесса-приёмника WAL.
`WalSenderMain`	Ожидание в основном цикле процесса-передатчика WAL.
`WalWriterMain`	Ожидание в основном цикле процесса, пишущего WAL.

Таблица 27.6. События ожидания, относящиеся к типу `BufferPin`

Событие ожидания `BufferPin`	**Описание**
`BufferPin`	Ожидание получения исключительного закрепления буфера.

Таблица 27.7. События ожидания, относящиеся к типу `Client`

События ожидания `Client`	**Описание**
`ClientRead`	Ожидание при чтении данных, получаемых от клиента.
`ClientWrite`	Ожидание при записи данных, передаваемых клиенту.
`GSSOpenServer`	Ожидание при чтении данных, получаемых от клиента при установлении сеанса GSSAPI.
`LibPQWalReceiverConnect`	Ожидание в приёмнике WAL установления подключения к удалённому серверу.
`LibPQWalReceiverReceive`	Ожидание в приёмнике WAL поступления данных от удалённого сервера.
`SSLOpenServer`	Ожидание SSL при попытке установления соединения.

События ожидания `Client`	**Описание**
`WalReceiverWaitStart`	Ожидание от стартового процесса передачи начальных данных для потоковой репликации.
`WalSenderWaitForWAL`	Ожидание сброса WAL в процессе-передатчике WAL.
`WalSenderWriteData`	Ожидание какой-либо активности при обработке ответов от WAL-приёмника в процессе-передатчике WAL.

Таблица 27.8. События ожидания, относящиеся к типу `Extension`

Событие ожидания `Extension`	**Описание**
`Extension`	Ожидание в расширении.

Таблица 27.9. События ожидания, относящиеся к типу `IO`

Событие ожидания `IO`	**Описание**
`BufFileRead`	Ожидание чтения из буферизованного файла.
`BufFileWrite`	Ожидание записи в буферизованный файл.
`ControlFileRead`	Ожидание чтения из файла `pg_control`.
`ControlFileSync`	Ожидание помещения файла `pg_control` в надёжное хранилище.
`ControlFileSyncUpdate`	Ожидание переноса изменений файла `pg_control` в надёжное хранилище.
`ControlFileWrite`	Ожидание записи в файл `pg_control`.
`ControlFileWriteUpdate`	Ожидание записи для изменения файла `pg_control`.
`CopyFileRead`	Ожидание чтения во время операции копирования файла.
`CopyFileWrite`	Ожидание записи во время операции копирования файла.
`DSMFillZeroWrite`	Ожидание заполнения нулями файла, применяемого для поддержки динамической общей памяти.
`DataFileExtend`	Ожидание расширения файла данных отношения.
`DataFileFlush`	Ожидание помещения файла данных отношения в надёжное хранилище.
`DataFileImmediateSync`	Ожидание немедленной синхронизации файла данных отношения с надёжным хранилищем.
`DataFilePrefetch`	Ожидание асинхронной предвыборки из файла данных отношения.
`DataFileRead`	Ожидание чтения из файла данных отношения.
`DataFileSync`	Ожидание переноса изменений в файле данных отношения в надёжное хранилище.
`DataFileTruncate`	Ожидание усечения файла данных отношения.
`DataFileWrite`	Ожидание записи в файл данных отношения.
`LockFileAddToDataDirRead`	Ожидание чтения при добавлении строки в файл блокировки каталога данных.

Событие ожидания `IO`	**Описание**
`LockFileAddToDataDirSync`	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при добавлении строки в файл блокировки каталога данных.
`LockFileAddToDataDirWrite`	Ожидание записи при добавлении строки в файл блокировки каталога данных.
`LockFileCreateRead`	Ожидание чтения при создании файла блокировки каталога данных.
`LockFileCreateSync`	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при создании файла блокировки каталога данных.
`LockFileCreateWrite`	Ожидание записи при создании файла блокировки каталога данных.
`LockFileReCheckDataDirRead`	Ожидание чтения во время перепроверки файла блокировки каталога данных.
`LogicalRewriteCheckpointSync`	Ожидание помещения отображений логической перезаписи в надёжное хранилище во время контрольной точки.
`LogicalRewriteMappingSync`	Ожидание помещения данных отображений в надёжное хранилище в процессе логической перезаписи.
`LogicalRewriteMappingWrite`	Ожидание записи данных отображений в процессе логической перезаписи.
`LogicalRewriteSync`	Ожидание помещения отображений логической перезаписи в надёжное хранилище.
`LogicalRewriteTruncate`	Ожидание усечения файла отображений в процессе логической перезаписи.
`LogicalRewriteWrite`	Ожидание сохранения отображений логической перезаписи.
`RelationMapRead`	Ожидание чтения файла отображений отношений.
`RelationMapSync`	Ожидание помещения файла отображений отношений в надёжное хранилище.
`RelationMapWrite`	Ожидание записи в файл отображений отношений.
`ReorderBufferRead`	Ожидание чтения при работе с буфером переупорядочивания.
`ReorderBufferWrite`	Ожидание записи при работе с буфером переупорядочивания.
`ReorderLogicalMappingRead`	Ожидание чтения логического отображения при работе с буфером переупорядочивания.
`ReplicationSlotRead`	Ожидание чтения из управляющего файла слота репликации.
`ReplicationSlotRestoreSync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище управляющего файла слота репликации при восстановлении его в памяти.
`ReplicationSlotSync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище управляющего файла слота репликации.

Событие ожидания `IO`	**Описание**
`ReplicationSlotWrite`	Ожидание записи в управляющий файл слота репликации.
`SLRUFlushSync`	Ожидание помещения данных SLRU в надёжное хранилище во время контрольной точки или отключения базы данных.
`SLRURead`	Ожидание чтения страницы SLRU.
`SLRUSync`	Ожидание помещения данных SLRU в надёжное хранилище после записи страницы.
`SLRUWrite`	Ожидание записи страницы SLRU.
`SnapbuildRead`	Ожидание чтения сериализованного исторического снимка каталога БД.
`SnapbuildSync`	Ожидание помещения сериализованного исторического снимка каталога БД в надёжное хранилище.
`SnapbuildWrite`	Ожидание записи сериализованного исторического снимка каталога БД.
`TimelineHistoryFileSync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище файла истории линии времени, полученного через потоковую репликацию.
`TimelineHistoryFileWrite`	Ожидание записи файла истории линии времени, полученного через потоковую репликацию.
`TimelineHistoryRead`	Ожидание чтения файла истории линии времени.
`TimelineHistorySync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище только что созданного файла истории линии времени.
`TimelineHistoryWrite`	Ожидание записи только что созданного файла истории линии времени.
`TwophaseFileRead`	Ожидание чтения файла двухфазного состояния.
`TwophaseFileSync`	Ожидание помещения файла двухфазного состояния в надёжное хранилище.
`TwophaseFileWrite`	Ожидание записи файла двухфазного состояния.
`WALBootstrapSync`	Ожидание помещения WAL в надёжное хранилище в процессе начальной загрузки.
`WALBootstrapWrite`	Ожидание записи страницы WAL в процессе начальной загрузки.
`WALCopyRead`	Ожидание чтения при создании нового сегмента WAL путём копирования существующего.
`WALCopySync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище нового сегмента WAL, созданного путём копирования существующего.
`WALCopyWrite`	Ожидание записи при создании нового сегмента WAL путём копирования существующего.
`WALInitSync`	Ожидание помещения в надёжное хранилище нового инициализированного файла WAL.

Событие ожидания `IO`	**Описание**
`WALInitWrite`	Ожидание записи при инициализации нового файла WAL.
`WALRead`	Ожидание чтения из файла WAL.
`WALSenderTimelineHistoryRead`	Ожидание чтения из файла истории линии времени при обработки процессом walsender команды timeline.
`WALSync`	Ожидание помещения файла WAL в надёжное хранилище.
`WALSyncMethodAssign`	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при смене метода синхронизации WAL.
`WALWrite`	Ожидание записи в файл WAL.

Таблица 27.10. События ожидания, относящиеся к типу `IPC`

События ожидания `IPC`	**Описание**
`BackupWaitWalArchive`	Ожидание файлов WAL, необходимых для успешного завершения архивации.
`BgWorkerShutdown`	Ожидание завершения фонового рабочего процесса.
`BgWorkerStartup`	Ожидание запуска фонового рабочего процесса.
`BtreePage`	Ожидание доступности номера страницы, необходимого для продолжения параллельного сканирования B-дерева.
`CheckpointDone`	Ожидание завершения контрольной точки.
`CheckpointStart`	Ожидание начала контрольной точки.
`ExecuteGather`	Ожидание активности дочернего процесса при выполнении узла плана `Gather`.
`HashBatchAllocate`	Ожидание выделения хеш-таблицы выбранным участником параллельного хеширования.
`HashBatchElect`	Ожидание выделения хеш-таблицы выбранным участником параллельного хеширования.
`HashBatchLoad`	Ожидание завершения загрузки хеш-таблицы другими участниками параллельного хеширования.
`HashBuildAllocate`	Ожидание выделения начальной хеш-таблицы выбранным участником параллельного хеширования.
`HashBuildElect`	Ожидание в процессе выбора участника параллельного хеширования для выделения начальной хеш-таблицы.
`HashBuildHashInner`	Ожидание завершения хеширования внутреннего отношения другими участниками параллельного хеширования.
`HashBuildHashOuter`	Ожидание завершения хеширования внешнего отношения другими участниками параллельного хеширования.

События ожидания `IPC`	**Описание**
`HashGrowBatchesAllocate`	Ожидание выделения дополнительных пакетов выбранным участником параллельного хеширования.
`HashGrowBatchesDecide`	Ожидание в процессе выбора участника параллельного хеширования для принятия решения о предстоящем добавлении пакетов.
`HashGrowBatchesElect`	Ожидание в процессе выбора участника параллельного хеширования для выделения дополнительных пакетов.
`HashGrowBatchesFinish`	Ожидание решения о предстоящем добавлении пакетов участником параллельного хеширования.
`HashGrowBatchesRepartition`	Ожидание завершения пересекционирования другими участниками параллельного хеширования.
`HashGrowBucketsAllocate`	Ожидание завершения выделения дополнительных групп выбранным участником параллельного хеширования.
`HashGrowBucketsElect`	Ожидание в процессе выбора участника параллельного хеширования для выделения дополнительных групп.
`HashGrowBucketsReinsert`	Ожидание завершения добавления кортежей в новые группы другими участниками параллельного хеширования.
`LogicalSyncData`	Ожидание от удалённого сервера, осуществляющего логическую репликацию, передачи данных для начальной синхронизации таблиц.
`LogicalSyncStateChange`	Ожидание изменения состояния удалённого сервера, осуществляющего логическую репликацию.
`MessageQueueInternal`	Ожидание подключения другого процесса к общей очереди сообщений.
`MessageQueuePutMessage`	Ожидание записи сообщения протокола в общую очередь сообщений.
`MessageQueueReceive`	Ожидание получения байтов из общей очереди сообщений.
`MessageQueueSend`	Ожидание передачи байтов в общую очередь сообщений.
`ParallelBitmapScan`	Ожидание инициализации параллельного сканирования по битовой карте.
`ParallelCreateIndexScan`	Ожидание завершения сканирования кучи параллельными исполнителями `CREATE INDEX`.
`ParallelFinish`	Ожидание завершения вычислений параллельными рабочими процессами.
`ProcArrayGroupUpdate`	Ожидание очистки ведущим группы идентификатора транзакции в конце транзакции.
`ProcSignalBarrier`	Ожидание обработки события барьера всеми обслуживающими процессами.
`Promote`	Ожидание повышения ведомого.

События ожидания IPC	Описание
RecoveryConflictSnapshot	Ожидание разрешения конфликтов восстановления для осуществления очистки.
RecoveryConflictTablespace	Ожидание разрешения конфликтов восстановления для удаления табличного пространства.
RecoveryPause	Ожидание возобновления восстановления.
ReplicationOriginDrop	Ожидание перехода источника репликации в неактивное состояние, что позволит затем удалить его.
ReplicationSlotDrop	Ожидание перехода слота репликации в неактивное состояние, что позволит затем удалить его.
SafeSnapshot	Ожидание получения безопасного снимка для транзакции READ ONLY DEFERRABLE.
SyncRep	Ожидание подтверждения от удалённого сервера при синхронной репликации.
XactGroupUpdate	Ожидание изменения состояния завершённой транзакции ведущим процессом группы.

Таблица 27.11. События ожидания, относящиеся к типу Lock

Событие ожидания Lock	**Описание**
advisory	Ожидание при запросе рекомендательной пользовательской блокировки.
extend	Ожидание при расширении отношения.
frozenid	Ожидание изменения pg_database .datfrozenxid и pg_database .datminmxid.
object	Ожидание при запросе блокировки для нереляционного объекта БД.
page	Ожидание при запросе блокировки для страницы отношения.
relation	Ожидание при запросе блокировки для отношения.
spectoken	Ожидание при запросе блокировки спекулятивного добавления.
transactionid	Ожидание завершения транзакции.
tuple	Ожидание при запросе блокировки для кортежа.
userlock	Ожидание при запросе пользовательской блокировки.
virtualxid	Ожидание при запросе блокировки виртуального ID транзакции.

Таблица 27.12. События ожидания, относящиеся к типу LWLock

Событие ожидания LWLock	**Описание**
AddinShmemInit	Ожидание при распределении блоков общей памяти для расширений.
AutoFile	Ожидание при изменении файла postgresql.auto.conf.

Событие ожидания LWLock	**Описание**
Autovacuum	Ожидание при чтении или изменении текущего состояния рабочих процессов автоочистки.
AutovacuumSchedule	Ожидание при подтверждении, что таблица, выбранная для автоочистки, всё ещё нуждается в очистке.
BackgroundWorker	Ожидание при чтении или изменении состояния фонового рабочего процесса.
BtreeVacuum	Ожидание при чтении или изменении информации, связанной с очисткой, для индекса-B-дерева.
BufferContent	Ожидание при обращении к странице данных в памяти.
BufferIO	Ожидание при вводе/выводе, связанном со страницей данных.
BufferMapping	Ожидание при связывании блока данных с буфером в пуле буферов.
Checkpoint	Ожидание начала контрольной точки.
CheckpointerComm	Ожидание при управлении запросами fsync.
CommitTs	Ожидание при чтении или изменении последнего значения, заданного в качестве времени фиксирования транзакции.
CommitTsBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о времени фиксирования транзакций.
CommitTsSLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных о времени фиксирования транзакций.
ControlFile	Ожидание при чтении или изменении файла pg_control либо при создании нового файла WAL.
DynamicSharedMemoryControl	Ожидание при чтении или изменении информации о выделении динамической общей памяти.
LockFastPath	Ожидание при чтении или изменении информации процесса о блокировках по быстрому пути.
LockManager	Ожидание при чтении или изменении информации о «тяжёлых» блокировках.
LogicalRepWorker	Ожидание при чтении или изменении состояния рабочих процессов логической репликации.
MultiXactGen	Ожидание при чтении или изменении общего состояния мультитранзакций.
MultiXactMemberBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о членах мультитранзакций.
MultiXactMemberSLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных о членах мультитранзакций.
MultiXactOffsetBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о смещениях мультитранзакций.

Событие ожидания LWLock	**Описание**
MultiXactOffsetSLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных о смещениях мультитранзакций.
MultiXactTruncation	Ожидание при чтении или очистке информации мультитранзакций.
NotifyBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером сообщений NOTIFY.
NotifyQueue	Ожидание при чтении или изменении сообщений NOTIFY.
NotifyQueueTail	Ожидание при изменении границы массива сообщений NOTIFY.
NotifySLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу сообщений NOTIFY.
OidGen	Ожидание при выделении нового OID.
OldSnapshotTimeMap	Ожидание при чтении или изменении информации о старом снимке.
ParallelAppend	Ожидание выбора следующего подплана в процессе выполнения узла параллельного добавления (Parallel Append).
ParallelHashJoin	Ожидание синхронизации рабочих процессов в процессе выполнения узла плана Parallel Hash Join.
ParallelQueryDSA	Ожидание выделения динамической общей памяти для параллельного запроса.
PerSessionDSA	Ожидание выделения динамической общей памяти для параллельного запроса.
PerSessionRecordType	Ожидание при обращении к информации параллельного запроса о составных типах.
PerSessionRecordTypmod	Ожидание при обращении к информации параллельного запроса о модификаторах типов, относящихся к типам анонимных записей.
PerXactPredicateList	Ожидание при обращении к списку предикатных блокировок, удерживаемых текущей сериализуемой транзакцией, во время параллельного запроса.
PredicateLockManager	Ожидание при обращении к информации о предикатных блокировках, используемой сериализуемыми транзакциями.
ProcArray	Ожидание при обращении к общим структурам данных в рамках процесса (например, при получении снимка или чтении идентификатора транзакции в сеансе).
RelationMapping	Ожидание при чтении или изменении файла pg_filenode.map, в котором отслеживаются назначения файловых узлов для некоторых системных каталогов.
RelCacheInit	Ожидание при чтении или изменении файла инициализации кеша отношения (pg_internal.init).

Событие ожидания LWLock	**Описание**
ReplicationOrigin	Ожидание при создании, удалении или использовании источника репликации.
ReplicationOriginState	Ожидание при чтении или изменении состояния одного источника репликации.
ReplicationSlotAllocation	Ожидание при выделении или освобождении слота репликации.
ReplicationSlotControl	Ожидание при чтении или изменении состояния слота репликации.
ReplicationSlotIO	Ожидание при вводе/выводе со слотом репликации.
SerialBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о конфликтах сериализуемых транзакций.
SerializableFinishedList	Ожидание при обращении к списку завершённых сериализуемых транзакций.
SerializablePredicateList	Ожидание при обращении к списку предикатных блокировок, удерживаемых сериализуемыми транзакциями.
SerializableXactHash	Ожидание при чтении или изменении информации о сериализуемых транзакциях.
SerialSLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных о конфликтах сериализуемых транзакций.
SharedTidBitmap	Ожидание при обращении к разделяемой битовой карте TID в процессе параллельного сканирования индекса по битовой карте.
SharedTupleStore	Ожидание при обращении к разделяемому хранилищу кортежей во время параллельного запроса.
ShmemIndex	Ожидание при поиске или выделении области в разделяемой памяти.
SInvalRead	Ожидание при получении сообщений из общей очереди сообщений аннулирования.
SInvalWrite	Ожидание при добавлении в общую очередь сообщения аннулирования каталога.
SubtransBuffer	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о подтранзакциях.
SubtransSLRU	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных подтранзакций.
SyncRep	Ожидание при чтении или изменении информации о состоянии синхронной репликации.
SyncScan	Ожидание при выборе начального положения для синхронизированного сканирования таблицы.
TablespaceCreate	Ожидание при создании или удалении табличного пространства.
TwoPhaseState	Ожидание при чтении или изменении состояния подготовленных транзакций.
WALBufMapping	Ожидание при замене страницы в буферах WAL.

Событие ожидания `LWLock`	**Описание**
`WALInsert`	Ожидание при добавлении записей WAL в буфер в памяти.
`WALWrite`	Ожидание при записи буферов WAL на диск.
`WrapLimitsVacuum`	Ожидание при изменении лимитов идентификаторов транзакций и мультитранзакций.
`XactBuffer`	Ожидание ввода/вывода с SLRU-буфером данных о состоянии транзакций.
`XactSLRU`	Ожидание при обращении к SLRU-кешу данных о состоянии транзакций.
`XactTruncation`	Ожидание выполнения функции `pg_xact_status` или обновления самого старого видимого в ней идентификатора транзакции.
`XidGen`	Ожидание при выделении нового идентификатора транзакции.

Примечание

Приложения могут добавлять дополнительные типы `LWLock` в список, показанный в Таблице 27.12. В некоторых случаях имя, назначенное расширением, может быть не видно во всех серверных процессах, поэтому событие ожидания может отображаться с именем «`extension`», а не тем, что было назначено.

Таблица 27.13. События ожидания, относящиеся к типу `Timeout`

Событие ожидания `Timeout`	**Описание**
`BaseBackupThrottle`	Ожидание в процессе базового резервного копирования из-за ограничения активности.
`PgSleep`	Ожидание в результате вызова `pg_sleep` или родственной функции.
`RecoveryApplyDelay`	Ожидание применения WAL при восстановлении, вызванное установленной задержкой.
`RecoveryRetrieveRetryInterval`	Ожидание в процессе восстановления, когда нужные сегменты WAL нельзя получить из какого-либо источника (каталога `pg_wal`, архива или потока).
`RegisterSyncRequest`	Ожидание при передаче запросов синхронизации процессу контрольной точки из-за переполнения очереди запросов.
`VacuumDelay`	Ожидание, вызванное задержкой очистки по критерию стоимости.

Следующая команда показывает, как можно просмотреть события ожидания:

```
SELECT pid, wait_event_type, wait_event FROM pg_stat_activity WHERE wait_event is NOT
 NULL;
 pid  | wait_event_type | wait_event
------+-----------------+------------
 2540 | Lock            | relation
 6644 | LWLock          | ProcArray
(2 rows)
```

27.2.4. pg_stat_replication

Представление pg_stat_replication для каждого процесса-передатчика WAL будет содержать по одной строке со статистикой о репликации на ведомый сервер, к которому подключён этот процесс. В представлении перечисляются только ведомые серверы, подключённые напрямую; информация о ведомых серверах, подключённых опосредованно, не представлена.

Таблица 27.14. Представление pg_stat_replication

Тип столбца Описание
pid integer Идентификатор процесса-передатчика WAL
usesysid oid OID пользователя, подключённого к этому процессу-передатчику WAL
usename name Имя пользователя, подключённого к этому процессу-передатчику WAL
application_name text Имя приложения, которое подключено к этому процессу-передатчику WAL
client_addr inet IP-адрес клиента, подключённого к этому процессу-передатчику WAL. Значение null в этом поле говорит о том, что клиент подсоединён через сокет Unix на сервере.
client_hostname text Имя компьютера для подключённого клиента, получаемое в результате обратного поиска в DNS по client_addr . Это поле будет отлично от null только в случае соединений по IP и только при включённом режиме log_hostname.
client_port integer Номер TCP-порта, который используется клиентом для взаимодействия с процессом-передатчиком WAL, или -1, если используется сокет Unix
backend_start timestamp with time zone Время запуска процесса, т. е. время подключения клиента к этому процессу-передатчику WAL
backend_xmin xid Значение xmin, полученное от ведомого сервера при включённом hot_standby_feedback.
state text Текущее состояние процесса-передатчика WAL. Возможные значения: • startup: Передатчик WAL запускается. • catchup: Подключённый к этому передатчику WAL ведомый сервер догоняет ведущий. • streaming: Передатчик WAL транслирует изменения после того, как подключённый к нему ведомый сервер нагнал ведущий. • backup: Передатчик WAL передаёт резервную копию. • stopping: Передатчик WAL останавливается.
sent_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи, переданная через это соединение
write_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи, записанная на диск этим ведомым сервером
flush_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи, сброшенная на диск этим ведомым сервером
replay_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи, воспроизведённая в базе данных этим ведомым сервером
write_lag interval

Тип столбца Описание
Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал их (но ещё не сбросил на диск и не применил). Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в `synchronous_commit` выбран уровень `remote_write`, если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.
`flush_lag interval` Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал и сбросил их на диск (но ещё не применил). Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в `synchronous_commit` выбран уровень `on`, если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.
`replay_lag interval` Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал, сбросил на диск и применил их. Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в `synchronous_commit` выбран уровень `remote_apply`, если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.
`sync_priority integer` Приоритет этого ведомого сервера для выбора в качестве синхронного ведомого при синхронной репликации с учётом приоритетов. При синхронной репликации с учётом кворума не имеет значения.
`sync_state text` Состояние синхронизации этого ведомого сервера. Возможные значения: • `async`: Этот ведомый сервер является асинхронным. • `potential`: Этот ведомый сервер сейчас является асинхронным, но может стать синхронным в случае отказа одного из текущих синхронных серверов. • `sync`: Этот ведомый сервер является синхронным. • `quorum`: Этот ведомый сервер считается кандитатом на участие в кворуме.
`reply_time timestamp with time zone` Время отправки последнего ответного сообщения, полученного от ведомого сервера

Длительность задержек, показываемая в представлении `pg_stat_replication`, включает время, которое потребовалось для того, чтобы записать, сбросить на диск и воспроизвести последние записи WAL и для того, чтобы передатчик WAL узнал об этом. Эта длительность отражает задержку фиксации, которая была (или могла быть) добавлена на уровнях синхронной фиксации, если ведомый сервер был настроен как синхронный. Для асинхронного ведомого в столбце `replay_lag` показывается примерная задержка перед тем, как последние транзакции становятся видны для запросов. Если ведомый сервер нагоняет передающий и в WAL отсутствует активность, последние длительности задержек будут отображаться ещё некоторое время, а затем сменятся на NULL.

Длительность задержек автоматически определяется при физической репликации. Модули логического декодирования могут не выдавать необходимые контрольные сообщения; в их отсутствие механизм отслеживания просто выводит задержку NULL.

Примечание

Выдаваемые длительности задержек не являются предсказанием времени, которое потребуется ведомому серверу, чтобы нагнать передающий сервер с учётом текущей скорости воспроизведения. Эти показатели будут близки в процессе генерирования нового WAL, но не в то время, когда передающий сервер будет простаивать. В частности, когда ведомый сервер нагоняет ведущий, в `pg_stat_replication` показывается, сколько времени потребовалось для записи, сброса на диск и воспроизведения последних данных WAL, а не 0, как могли ожидать некоторые пользователи. Это соответствует задаче измерения задержек синхронной фиксации и видимости транзакций для недавно записанных транзакций. Чтобы меньше смущать пользователей, ожидающих видеть другую модель задержек, столбцы задержек сбрасываются в NULL после небольшой паузы в системе, которая воспроизвела все изменения и теперь простаивает. Системы мониторинга могут представлять это как отсутствующие данные, 0 или продолжать показывать последнее известное значение.

27.2.5. `pg_stat_wal_receiver`

Представление `pg_stat_wal_receiver` будет иметь только одну строку со статистикой приёмника WAL от сервера, на котором работает приёмник.

Таблица 27.15. Представление `pg_stat_wal_receiver`

Тип столбца	Описание
`pid integer`	Идентификатор процесса WAL-приёмника
`status text`	Состояние активности процесса WAL-приёмника
`receive_start_lsn pg_lsn`	Первая позиция в журнале предзаписи в момент запуска приёмника WAL
`receive_start_tli integer`	Первый номер линии времени в момент запуска приёмника WAL
`written_lsn pg_lsn`	Последняя позиция в журнале предзаписи, уже полученная и переданная для записи на диск, но ещё не сброшенная. Эту позицию не следует использовать при проверках целостности данных.
`flushed_lsn pg_lsn`	Последняя позиция в журнале предзаписи, уже полученная и сброшенная на диск; начальным значением этого поля будет первая позиция в журнале в момент запуска приёмника WAL
`received_tli integer`	Номер линии времени последней позиции в журнале предзаписи, уже полученной и сброшенной на диск; начальным значением этого поля будет номер линии времени первой позиции в момент запуска приёмника WAL
`last_msg_send_time timestamp with time zone`	Время отправки последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
`last_msg_receipt_time timestamp with time zone`	Время поступления последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
`latest_end_lsn pg_lsn`	Последняя позиция в журнале предзаписи, сообщённая изначальному передатчику WAL
`latest_end_time timestamp with time zone`	Время последней позиции в журнале предзаписи, сообщённой изначальному передатчику WAL
`slot_name text`	Имя слота репликации, используемого этим приёмником WAL
`sender_host text`	Узел, где работает сервер PostgreSQL, обслуживающий данный приёмник WAL. Может задаваться именем или IP-адресом компьютера либо путём каталога (если подключе-

Тип столбца Описание
ние установлено через сокет Unix). (Подключение к сокету легко распознать, потому что путь всегда абсолютный и начинается с /.)
sender_port integer Номер порта сервера PostgreSQL, к которому подключён этот приёмник WAL.
conninfo text Строка подключения, используемая этим приёмником WAL (секретные поля в ней скрыты).

27.2.6. pg_stat_subscription

Представление pg_stat_subscription содержит по одной строке для подписки для основного рабочего процесса (с NULL в PID, если процесс не работает) и дополнительные строки для рабочих процессов, осуществляющих копирование начальных данных для таблиц в подписке.

Таблица 27.16. Представление pg_stat_subscription

Тип столбца Описание
subid oid OID подписки
subname name Имя подписки
pid integer Идентификатор рабочего процесса, обслуживающего подписку
relid oid OID отношения, которое синхронизирует рабочий процесс сейчас; null для основного процесса применения изменений
received_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи (начальное значение этого поля — 0)
last_msg_send_time timestamp with time zone Время отправки последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
last_msg_receipt_time timestamp with time zone Время поступления последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
latest_end_lsn pg_lsn Последняя позиция в журнале предзаписи, сообщённая изначальному передатчику WAL
latest_end_time timestamp with time zone Время последней позиции в журнале предзаписи, сообщённой изначальному передатчику WAL

27.2.7. pg_stat_ssl

Представление pg_stat_ssl содержит по одной строке для каждого обслуживающего процесса и процесса, передающего WAL, и показывает статистику использования SSL для подключений. Его можно соединить с pg_stat_activity или pg_stat_replication по столбцу pid и получить дополнительные сведения о подключении.

Таблица 27.17. Представление pg_stat_ssl

Тип столбца Описание
pid integer

Тип столбца Описание
Идентификатор обслуживающего процесса или процесса, передающего WAL
`ssl` `boolean` True, если для этого подключения используется SSL
`version` `text` Версия SSL либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
`cipher` `text` Имя применяемого шифра SSL либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
`bits` `integer` Число бит в применяемом алгоритме шифрования либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
`compression` `boolean` True, если применяется сжатие SSL, false в противном случае, либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
`client_dn` `text` Поле DN (Distinguished Name, Уникальное имя) из используемого клиентского сертификата либо NULL, если клиент не передал сертификат или SSL для этого подключения не используется. Это значение усекается, если оказывается длиннее `NAMEDATALEN` символов (64 символа в стандартной сборке).
`client_serial` `numeric` Серийный номер клиентского сертификата либо NULL, если клиент не передал сертификат или SSL для этого подключения не используется. В сочетании с именем центра сертификации, выдавшего сертификат, серийный номер однозначно идентифицирует сертификат (если только ЦС не выдаёт по ошибке одинаковые серийные номера).
`issuer_dn` `text` Уникальное имя (Distinguished Name, DN) центра сертификации, выдавшего клиентский сертификат, либо NULL, если клиент не передал сертификат или SSL для этого подключения не используется. Это значение усекается подобно `client_dn` .

27.2.8. `pg_stat_gssapi`

Представление `pg_stat_gssapi` содержит по одной строке для каждого обслуживающего процесса и показывает статистику использования GSSAPI для конкретного подключения. Его можно соединить с `pg_stat_activity` или `pg_stat_replication` по столбцу `pid` и получить дополнительные сведения о подключении.

Таблица 27.18. Представление `pg_stat_gssapi`

Тип столбца Описание
`pid` `integer` Идентификатор (PID) обслуживающего процесса
`gss_authenticated` `boolean` True, если для этого подключения используется аутентификация GSSAPI
`principal` `text` Принципал, для которого было аутентифицировано это подключение, либо NULL, если клиент не передал сертификат или GSSAPI для этого подключения не используется. Это значение усекается, если оказывается длиннее `NAMEDATALEN` символов (64 символа в стандартной сборке).
`encrypted` `boolean` True, если для этого подключения используется шифрование GSSAPI

27.2.9. pg_stat_archiver

В представлении pg_stat_archiver всегда будет одна строка, содержащая данные о текущем состоянии процесса архивации в кластере.

Таблица 27.19. Представление pg_stat_archiver

Тип столбца Описание
archived_count bigint Число файлов WAL, которые были успешно архивированы
last_archived_wal text Имя последнего файла WAL успешно архивированного
last_archived_time timestamp with time zone Время последней успешной архивации
failed_count bigint Число неудачных попыток архивации файлов WAL
last_failed_wal text Имя файла WAL последней неудавшейся архивации
last_failed_time timestamp with time zone Время последней неудавшейся архивации
stats_reset timestamp with time zone Последнее время сброса этих статистических данных

27.2.10. pg_stat_bgwriter

В представлении pg_stat_bgwriter всегда будет только одна строка, в которой будут представлены общие данные по всему кластеру.

Таблица 27.20. Представление pg_stat_bgwriter

Тип столбца Описание
checkpoints_timed bigint Количество запланированных контрольных точек, которые уже были выполнены
checkpoints_req bigint Количество запрошенных контрольных точек, которые уже были выполнены
checkpoint_write_time double precision Общее время, которое было затрачено на этап обработки контрольной точки, в котором файлы записываются на диск, в миллисекундах
checkpoint_sync_time double precision Общее время, которое было затрачено на этап обработки контрольной точки, в котором файлы синхронизируются с диском, в миллисекундах
buffers_checkpoint bigint Количество буферов, записанных при выполнении контрольных точек
buffers_clean bigint Количество буферов, записанных фоновым процессом записи
maxwritten_clean bigint Сколько раз фоновый процесс записи останавливал сброс грязных страниц на диск из-за того, что записал слишком много буферов
buffers_backend bigint Количество буферов, записанных самим серверным процессом

Тип столбца Описание
buffers_backend_fsync bigint Сколько раз серверному процессу пришлось выполнить fsync самостоятельно (обычно фоновый процесс записи сам обрабатывает эти вызовы, даже когда серверный процесс выполняет запись самостоятельно)
buffers_alloc bigint Количество выделенных буферов
stats_reset timestamp with time zone Последнее время сброса этих статистических данных

27.2.11. pg_stat_database

Представление pg_stat_database содержит по одной строке со статистикой уровня базы данных для каждой базы кластера, и ещё одну для общих объектов.

Таблица 27.21. Представление pg_stat_database

Тип столбца Описание
datid oid OID базы данных либо 0 для объектов, относящихся к общим отношениям
datname name Имя базы данных либо NULL для общих объектов.
numbackends integer Количество обслуживающих процессов, в настоящее время подключённых к этой базе данных, либо NULL для общих объектов. Это единственный столбец в представлении, значение в котором отражает текущее состояние; все другие столбцы возвращают суммарные значения со времени последнего сброса статистики.
xact_commit bigint Количество зафиксированных транзакций в этой базе данных
xact_rollback bigint Количество транзакций в этой базе данных, для которых был выполнен откат транзакции
blks_read bigint Количество прочитанных дисковых блоков в этой базе данных
blks_hit bigint Сколько раз дисковые блоки обнаруживались в буферном кеше, так что чтение с диска не потребовалось (в значение входят только случаи обнаружения в буферном кеше PostgreSQL, а не в кеше файловой системы ОС)
tup_returned bigint Количество строк, возвращённое запросами в этой базе данных
tup_fetched bigint Количество строк, извлечённое запросами в этой базе данных
tup_inserted bigint Количество строк, вставленное запросами в этой базе данных
tup_updated bigint Количество строк, изменённое запросами в этой базе данных
tup_deleted bigint Количество строк, удалённое запросами в этой базе данных
conflicts bigint

Тип столбца Описание
Количество запросов, отменённых из-за конфликта с восстановлением в этой базе данных. (Конфликты происходят только на ведомых серверах; подробности в pg_stat_database_conflicts .)
temp_files bigint Количество временных файлов, созданных запросами в этой базе данных. Подсчитываются все временные файлы независимо от причины их создания (например, для сортировки или для хеширования) и независимо от установленного значения log_temp_files
temp_bytes bigint Общий объём данных, записанных во временные файлы запросами в этой базе данных. Учитываются все временные файлы, вне зависимости от того, по какой причине они созданы и вне зависимости от значения log_temp_files.
deadlocks bigint Количество взаимных блокировок, зафиксированное в этой базе данных
checksum_failures bigint Количество ошибок контрольных сумм в страницах данных этой базы (или общего объекта) либо NULL, если контрольные суммы не проверяются.
checksum_last_failure timestamp with time zone Время выявления последней ошибки контрольной суммы в страницах данных этой базы (или общего объекта) либо NULL, если контрольные суммы не проверяются.
blk_read_time double precision Время, которое затратили обслуживающие процессы в этой базе на чтение блоков из файлов данных, в миллисекундах (если включён параметр track_io_timing; в противном случае 0).
blk_write_time double precision Время, которое затратили обслуживающие процессы в этой базе на запись блоков в файлы данных, в миллисекундах (если включён параметр track_io_timing; в противном случае 0)
stats_reset timestamp with time zone Последнее время сброса этих статистических данных

27.2.12. pg_stat_database_conflicts

Представление pg_stat_database_conflicts для каждой базы данных будет содержать по одной строке со статистикой на уровне базы по отменам запросов, произошедшим вследствие конфликтов с процессами восстановления на ведомых серверах. В этом представлении будет содержаться только информация по ведомым серверам, поскольку на главных серверах конфликты не возникают.

Таблица 27.22. Представление pg_stat_database_conflicts

Тип столбца Описание
datid oid OID базы данных
datname name Имя базы данных
confl_tablespace bigint Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за того, что табличные пространства были удалены
confl_lock bigint

Тип столбца Описание
Количество запросов в этой базе данных, отменённых по истечении времени ожидания блокировки
confl_snapshot bigint Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за устаревших снимков данных
confl_bufferpin bigint Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за прикреплённых страниц буфера
confl_deadlock bigint Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за взаимных блокировок

27.2.13. pg_stat_all_tables

Представление pg_stat_all_tables будет содержать по одной строке на каждую таблицу в текущей базе данных (включая таблицы TOAST) со статистикой по обращениям к этой таблице. Представления pg_stat_user_tables и pg_stat_sys_tables содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские и системные таблицы соответственно.

Таблица 27.23. Представление pg_stat_all_tables

Тип столбца Описание
relid oid OID таблицы
schemaname name Имя схемы, в которой расположена эта таблица
relname name Имя таблицы
seq_scan bigint Количество последовательных чтений, произведённых в этой таблице
seq_tup_read bigint Количество «живых» строк, прочитанных при последовательных чтениях
idx_scan bigint Количество сканирований по индексу, произведённых в этой таблице
idx_tup_fetch bigint Количество «живых» строк, отобранных при сканированиях по индексу
n_tup_ins bigint Количество вставленных строк
n_tup_upd bigint Количество изменённых строк (включая изменения по схеме HOT)
n_tup_del bigint Количество удалённых строк
n_tup_hot_upd bigint Количество строк, обновлённых в режиме HOT (т. е. без отдельного изменения индекса)
n_live_tup bigint Оценочное количество «живых» строк
n_dead_tup bigint Оценочное количество «мёртвых» строк
n_mod_since_analyze bigint

Тип столбца Описание
Оценочное число строк, изменённых в этой таблице с момента последнего сбора статистики
n_ins_since_vacuum bigint Примерное число строк, вставленных в эту таблицу с момента последней очистки
last_vacuum timestamp with time zone Время последней очистки этой таблицы вручную (VACUUM FULL не учитывается)
last_autovacuum timestamp with time zone Время последней очистки таблицы фоновым процессом автоочистки
last_analyze timestamp with time zone Время последнего выполнения сбора статистики для этой таблицы вручную
last_autoanalyze timestamp with time zone Время последнего выполнения сбора статистики для этой таблицы фоновым процессом автоочистки
vacuum_count bigint Сколько раз очистка этой таблицы была выполнена вручную (VACUUM FULL не учитывается)
autovacuum_count bigint Сколько раз очистка этой таблицы была выполнена фоновым процессом автоочистки
analyze_count bigint Сколько раз сбор статистики для этой таблицы был выполнен вручную
autoanalyze_count bigint Сколько раз сбор статистики для этой таблицы был выполнен фоновым процессом автоочистки

27.2.14. pg_stat_all_indexes

Представление pg_stat_all_indexes для каждого индекса в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по обращениям к этому индексу. Представления pg_stat_user_indexes и pg_stat_sys_indexes содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские и системные индексы соответственно.

Таблица 27.24. Представление pg_stat_all_indexes

Тип столбца Описание
relid oid OID таблицы для индекса
indexrelid oid OID индекса
schemaname name Имя схемы, в которой расположен индекс
relname name Имя таблицы для индекса
indexrelname name Имя индекса
idx_scan bigint Количество произведённых сканирований по этому индексу
idx_tup_read bigint Количество элементов индекса, возвращённых при сканированиях по этому индексу

Тип столбца Описание
idx_tup_fetch bigint Количество живых строк таблицы, отобранных при простых сканированиях по этому индексу

Индексы могут использоваться при простом сканировании по индексу, при сканировании «битовой карты» индекса и в работе оптимизатора. Результаты сканирования битовых карт разных индексов могут объединяться логическим умножением или сложением, поэтому когда применяются битовые карты, сложно связать выборки отдельных строк с определёнными индексами. Поэтому при сканировании битовых карт увеличиваются счётчики pg_stat_all_indexes.idx_tup_read для задействованных индексов и счётчик pg_stat_all_tables.idx_tup_fetch для каждой таблицы, а pg_stat_all_indexes.idx_tup_fetch не меняется. Оптимизатор тоже обращается к индексам для проверки переданных констант, значения которых оказываются вне диапазона, записанного в статистике оптимизатора, так как эта статистика может быть неактуальной.

> **Примечание**
>
> Значения счётчиков idx_tup_read и idx_tup_fetch могут различаться, даже если сканирование с использованием битовой карты не используется, поскольку idx_tup_read подсчитывает полученные из индекса элементы, а idx_tup_fetch — количество «живых» строк, выбранных из таблицы. Различие будет меньше, если «мёртвые» или ещё не зафиксированные строки будут извлекаться с использованием индекса или если для получения строк таблицы будет использоваться сканирование только по индексу.

27.2.15. pg_statio_all_tables

Представление pg_statio_all_tables для каждой таблицы (включая таблицы TOAST) в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этой таблицы. Представления pg_statio_user_tables и pg_statio_sys_tables содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские или системные таблицы соответственно.

Таблица 27.25. Представление pg_statio_all_tables

Тип столбца Описание
relid oid OID таблицы
schemaname name Имя схемы, в которой расположена эта таблица
relname name Имя таблицы
heap_blks_read bigint Количество дисковых блоков, прочитанных из этой таблицы
heap_blks_hit bigint Число попаданий в буфер для этой таблицы
idx_blks_read bigint Количество дисковых блоков, прочитанных из всех индексов этой таблицы
idx_blks_hit bigint Число попаданий в буфер для всех индексов по этой таблице
toast_blks_read bigint Количество прочитанных дисковых блоков TOAST (если есть) для этой таблицы

Тип столбца Описание
toast_blks_hit bigint Число попаданий в буфер в таблице TOAST для этой таблицы (если такие есть)
tidx_blks_read bigint Количество прочитанных дисковых блоков из индекса по TOAST (если есть) для этой таблицы
tidx_blks_hit bigint Число попаданий в буфер для индекса по TOAST (если есть) для этой таблицы

27.2.16. pg_statio_all_indexes

Представление pg_statio_all_indexes для каждого индекса в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этого индекса. Представления pg_statio_user_indexes и pg_statio_sys_indexes содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские или системные индексы соответственно.

Таблица 27.26. Представление pg_statio_all_indexes

Тип столбца Описание
relid oid OID таблицы для индекса
indexrelid oid OID индекса
schemaname name Имя схемы, в которой расположен индекс
relname name Имя таблицы для индекса
indexrelname name Имя индекса
idx_blks_read bigint Количество дисковых блоков, прочитанных из этого индекса
idx_blks_hit bigint Число попаданий в буфер для этого индекса

27.2.17. pg_statio_all_sequences

Представление pg_statio_all_sequences для каждой последовательности в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этой последовательности.

Таблица 27.27. Представление pg_statio_all_sequences

Тип столбца Описание
relid oid OID последовательности
schemaname name Имя схемы, в которой расположена эта последовательность
relname name Имя последовательности
blks_read bigint

Тип столбца Описание
Количество дисковых блоков, прочитанных из этой последовательности
`blks_hit` `bigint` Число попаданий в буфер в этой последовательности

27.2.18. pg_stat_user_functions

Представление `pg_stat_user_functions` для каждой отслеживаемой функции будет содержать по одной строке со статистикой по выполнениям этой функции. Отслеживаемые функции определяются параметром track_functions.

Таблица 27.28. Представление pg_stat_user_functions

Тип столбца Описание
`funcid` `oid` OID функции
`schemaname` `name` Имя схемы, в которой расположена функция
`funcname` `name` Имя функции
`calls` `bigint` Сколько раз вызывалась функция
`total_time` `double precision` Общее время, потраченное на выполнение этой функции и всех других функций, вызванных ею, в миллисекундах
`self_time` `double precision` Общее время, потраченное на выполнение самой функции, без учёта других функций, которые были ею вызваны, в миллисекундах

27.2.19. pg_stat_slru

PostgreSQL обращается к некоторой информации на диске через кеши, работающие по принципу *SLRU* (simple least-recently-used, простое вытеснение давно не используемых). Представление `pg_stat_slru` содержит по одной строке для каждого SLRU-кеша и даёт статистику по обращениям к его страницам.

Таблица 27.29. Представление pg_stat_slru

Тип столбца Описание
`name` `text` Имя SLRU-кеша
`blks_zeroed` `bigint` Количество блоков, обнулённых при инициализации
`blks_hit` `bigint` Количество случаев, когда дисковые блоки обнаруживались в SLRU-кеше, так что чтение с диска не потребовалось (здесь учитываются только случаи обнаружения в этом кеше, а не в файловом кеше ОС)
`blks_read` `bigint` Количество дисковых блоков, прочитанных через этот SLRU-кеш
`blks_written` `bigint` Количество дисковых блоков, записанных из этого SLRU-кеша

Тип столбца Описание
blks_exists bigint Количество блоков, проверенных на предмет наличия в этом SLRU-кеше
flushes bigint Количество операций сброса «грязных» данных для этого SLRU-кеша
truncates bigint Количество операций усечения для этого SLRU-кеша
stats_reset timestamp with time zone Последнее время сброса этих статистических данных

27.2.20. Статистические функции

Статистическую информацию можно просматривать и другими способами. Для этого можно написать запросы, использующие те же функции доступа к статистике, что лежат в основе описанных выше стандартных представлений. За более подробной информацией, например, об именах этих функций, обратитесь к определениям этих стандартных представлений. (Например, в psql можно выполнить `\d+ pg_stat_activity`.) В качестве аргумента функции, предоставляющие доступ к статистике на уровне базы, принимают OID базы данных, по которой должна быть выдана информация. Функции, которые работают на уровне таблиц и индексов, принимают в качестве аргумента OID таблицы или индекса. Аргументом для функции, предоставляющей статистику на уровне функций, является OID функции. Обратите внимание, что с помощью этих функций можно получить информацию по таблицам, индексам и функциям исключительно в текущей базе данных.

Дополнительные функции, связанные со сбором статистики, перечислены в Таблице 27.30.

Таблица 27.30. Дополнительные статистические функции

Функция Описание
pg_backend_pid () → integer Выдаёт идентификатор серверного процесса, обслуживающего текущий сеанс.
pg_stat_get_activity (integer) → setof record Возвращает запись с информацией о серверном процессе с заданным ID или по одной строке для каждого активного серверного процесса, если был указан NULL. Возвращаемые поля являются подмножеством столбцов представления pg_stat_activity .
pg_stat_get_snapshot_timestamp () → timestamp with time zone Возвращает время текущего снимка статистики.
pg_stat_get_xact_blocks_fetched (oid) → bigint Возвращает количество запросов на чтение блоков для таблицы или индекса в текущей транзакции. Это число минус pg_stat_get_xact_blocks_hit даёт количество обращений к ядру функцией read() ; количество реальных физических операций чтения обычно меньше благодаря буферизации на уровне ядра.
pg_stat_get_xact_blocks_hit (oid) → bigint Возвращает количество запросов на чтение блоков, уже обнаруженных в кеше, для таблицы или индекса в текущей транзакции (не вызывает обращение к ядру функцией read()).
pg_stat_clear_snapshot () → void Сбрасывает текущий снимок статистики.
pg_stat_reset () → void Обнуляет все статистические счётчики в текущей базе данных. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.

Функция Описание
pg_stat_reset_shared (text) → void Обнуляет некоторые статистические счётчики на уровне кластера, в зависимости от аргумента. Аргумент может принимать значения bgwriter и archiver, с которыми обнуляются все счётчики в представлении pg_stat_bgwriter или pg_stat_archiver, соответственно. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_stat_reset_single_table_counters (oid) → void Обнуляет статистику по отдельной таблице или индексу в текущей базе данных. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_stat_reset_single_function_counters (oid) → void Обнуляет статистику для отдельной функции в текущей базе данных. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.
pg_stat_reset_slru (text) → void Обнуляет статистику для отдельного SLRU-кеша или для всех SLRU-кешей в кластере. Если в аргументе передаётся NULL, обнуляются все счётчики, показанные в представлении pg_stat_slru, для всех SLRU-кешей. Также в аргументе можно передать текстовое значение CommitTs, MultiXactMember, MultiXactOffset, Notify, Serial, Subtrans или Xact, чтобы сбросить счётчики только для указанного кеша. Если в аргументе передаётся other (на самом деле это может быть любая нераспознанная строка), обнулены будут все счётчики для всех кешей, кроме перечисленных поимённо выше. По умолчанию доступ к этой функции имеют только суперпользователи, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям.

Предупреждение

Функция pg_stat_reset() также сбрасывает счётчики, на основании которых процесс автоочистки принимает решение о запуске очистки или анализа. В результате сброса процесс автоочистки может не выполнить необходимые действия, что чревато раздуванием таблиц, потерей актуальности статистики и тому подобными проблемами. Поэтому после сброса счётчиков рекомендуется выполнить ANALYZE на уровне базы.

Функция pg_stat_get_activity, на которой основано представление pg_stat_activity, возвращает набор строк, содержащих всю доступную информацию о каждом серверном процессе. Иногда более удобным оказывается получение только части этой информации. В таких случаях можно использовать набор более старых функций, дающих доступ к статистике на уровне серверных процессов; эти функции описаны в Таблице 27.31. Эти функции используют идентификатор серверного процесса, значение которого варьируется от единицы до числа активных в настоящий момент серверных процессов. Функция pg_stat_get_backend_idset генерирует по одной строке для каждого активного серверного процесса, что необходимо для вызова этих функций. Например, для того, чтобы отобразить значения PID и текущие запросы всех серверных процессов:

```
SELECT pg_stat_get_backend_pid(s.backendid) AS pid,
       pg_stat_get_backend_activity(s.backendid) AS query
    FROM (SELECT pg_stat_get_backend_idset() AS backendid) AS s;
```

Таблица 27.31. Статистические функции на уровне серверных процессов

Функция Описание
pg_stat_get_backend_idset () → setof integer

Функция Описание
Выдаёт идентификаторы активных в настоящий момент серверных процессов (от 1 до числа активных процессов).
`pg_stat_get_backend_activity ( integer ) → text` Выдаёт текст последнего запроса этого серверного процесса.
`pg_stat_get_backend_activity_start ( integer ) → timestamp with time zone` Выдаёт время начала выполнения последнего запроса в рамках данного процесса.
`pg_stat_get_backend_client_addr ( integer ) → inet` Выдаёт IP-адрес клиента, подключённого к этому серверному процессу.
`pg_stat_get_backend_client_port ( integer ) → integer` Выдаёт номер TCP-порта, который клиент использует для взаимодействия с сервером.
`pg_stat_get_backend_dbid ( integer ) → oid` Выдаёт OID базы данных, к которой подключён этот серверный процесс.
`pg_stat_get_backend_pid ( integer ) → integer` Выдаёт идентификатор (PID) этого серверного процесса.
`pg_stat_get_backend_start ( integer ) → timestamp with time zone` Выдаёт время, когда был запущен данный процесс.
`pg_stat_get_backend_userid ( integer ) → oid` Выдаёт OID пользователя, подключённого к этому серверному процессу.
`pg_stat_get_backend_wait_event_type ( integer ) → text` Выдаёт имя типа ожидаемого события, если серверный процесс сейчас находится в состоянии ожидания, или NULL в противном случае. За подробностями обратитесь к Таблице 27.4.
`pg_stat_get_backend_wait_event ( integer ) → text` Выдаёт имя ожидаемого события, если серверный процесс сейчас находится в состоянии ожидания, или NULL в противном случае. См. также Таблица 27.5 – Таблица 27.13.
`pg_stat_get_backend_xact_start ( integer ) → timestamp with time zone` Выдаёт время начала текущей транзакции в данном процессе.

27.3. Просмотр информации о блокировках

Ещё одним удобным средством для отслеживания работы базы данных является системная таблица `pg_locks`. Она позволяет администратору базы просматривать информацию об имеющихся блокировках в менеджере блокировок. Например, это может использоваться для:

- просмотра всех имеющихся на данный момент блокировок, всех блокировок на отношения в определённой базе данных, всех блокировок на определённое отношение или всех блокировок, которые удерживает определённый сеанс PostgreSQL.
- определения отношения в текущей базе данных с наибольшим количеством неразрешённых блокировок (оно может быть причиной конкуренции между клиентами базы данных).
- определения воздействия конкуренции за блокировку на производительность базы данных в целом, а так же то, как меняется конкуренция в зависимости от загруженности базы.

Более детально представление `pg_locks` описано в Разделе 51.73. Более подробную информацию о блокировках и управлению параллельным доступом в PostgreSQL можно получить в Главе 13.

27.4. Отслеживание выполнения

В PostgreSQL имеется возможность отслеживать выполнение определённых команд. В настоящее время такое отслеживание поддерживается только для команд `ANALYZE`, `CLUSTER`, `CREATE INDEX`, VACUUM и BASE_BACKUP (то есть для команды репликации, которую выполняет pg_basebackup). В будущем эта поддержка может быть расширена.

27.4.1. Отслеживание выполнения ANALYZE

Во время выполнения ANALYZE представление pg_stat_progress_analyze будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса, выполняющего эту команду. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и поясняют, как её интерпретировать.

Таблица 27.32. Представление pg_stat_progress_analyze

Тип столбца Описание
pid integer Идентификатор (PID) обслуживающего процесса
datid oid OID базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
datname name Имя базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
relid oid OID анализируемой таблицы.
phase text Текущая фаза обработки. См. Таблицу 27.33.
sample_blks_total bigint Общее количество блоков кучи, которые попадут в выборку.
sample_blks_scanned bigint Количество просканированных блоков кучи.
ext_stats_total bigint Количество объектов расширенной статистики.
ext_stats_computed bigint Количество вычисленных объектов расширенной статистики. Этот счётчик увеличивается только в фазе computing extended statistics (вычисление расширенной статистики).
child_tables_total bigint Количество дочерних таблиц.
child_tables_done bigint Количество просканированных дочерних таблиц. Этот счётчик увеличивается только в фазе acquiring inherited sample rows (извлечение строк выборки через наследование).
current_child_table_relid oid OID дочерней таблицы, сканируемой в данный момент. Это поле содержит актуальное значение только в фазе acquiring inherited sample rows (извлечение строк выборки через наследование).

Таблица 27.33. Фазы ANALYZE

Фаза	Описание
initializing	Команда готовится начать сканирование кучи. Эта фаза должна быть очень быстрой.
acquiring sample rows	Команда сканирует таблицу с указанным relid, считывая строки выборки.
acquiring inherited sample rows	Команда сканирует дочерние таблицы, считывая строки выборки. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах

Фаза	Описание
	child_tables_total , child_tables_done и current_child_table_relid .
computing statistics	Команда вычисляет статистику по строкам выборки, полученным при сканировании таблицы.
computing extended statistics	Команда вычисляет расширенную статистику по строкам выборки, полученным при сканировании таблицы.
finalizing analyze	Команда вносит изменения в pg_class . После этой фазы ANALYZE завершит работу.

Примечание

Заметьте, что когда ANALYZE обрабатывает секционированную таблицу, все её секции также рекурсивно анализируются, как сказано в ANALYZE. В этом случае сначала сообщается о ходе выполнения ANALYZE для родительской таблицы, которое сопровождается сбором наследуемой статистики, а затем о ходе обработки каждой её секции.

27.4.2. Отслеживание выполнения CREATE INDEX

Во время выполнения CREATE INDEX или REINDEX представление pg_stat_progress_create_index будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса, создающего индексы в этот момент. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и поясняют, как её интерпретировать.

Таблица 27.34. Представление pg_stat_progress_create_index

Тип столбца Описание
pid integer Идентификатор (PID) обслуживающего процесса
datid oid OID базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
datname name Имя базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
relid oid OID таблицы, в которой создаётся индекс.
index_relid oid OID создаваемого или перестраиваемого индекса. При выполнении CREATE INDEX в неблокирующем режиме содержит 0.
command text Выполняемая команда: CREATE INDEX, CREATE INDEX CONCURRENTLY, REINDEX или REINDEX CONCURRENTLY.
phase text Текущая фаза создания индекса. См. Таблицу 27.35.
lockers_total bigint Общее число процессов, потребовавших ожидания, если таковые имеются.
lockers_done bigint Число процессов, ожидание которых уже завершено.
current_locker_pid bigint Идентификатор процесса, удерживающего конфликтующую блокировку в данный момент.

Тип столбца Описание
`blocks_total bigint` Общее число блоков, которые должны быть обработаны в текущей фазе.
`blocks_done bigint` Число блоков, уже обработанных в текущей фазе.
`tuples_total bigint` Общее число кортежей, которые должны быть обработаны в текущей фазе.
`tuples_done bigint` Число кортежей, уже обработанных в текущей фазе.
`partitions_total bigint` При создании индекса в секционированной таблице этот столбец содержит общее число секций, в которых создаётся индекс.
`partitions_done bigint` При создании индекса в секционированной таблице этот столбец содержит число секций, в которых индекс уже построен.

Таблица 27.35. Фазы CREATE INDEX

Фаза	Описание
`initializing`	Инициализация — процедура `CREATE INDEX` или `REINDEX` подготавливается к созданию индекса. Эта фаза должна быть очень быстрой.
`waiting for writers before build`	Ожидание окончания записи перед построением — процедура `CREATE INDEX CONCURRENTLY` или `REINDEX CONCURRENTLY` ожидает завершения транзакций, которые удерживают блокировки записи и могут читать таблицу. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах `lockers_total`, `lockers_done` и `current_locker_pid`.
`building index`	Построение индекса — код, реализующий метод доступа, строит индекс. В этой фазе методы доступа, поддерживающие отслеживание процесса, передают свои данные о текущем состоянии, и в этом столбце видна внутренняя фаза. Обычно ход построения индекса отражается в столбцах `blocks_total` и `blocks_done`, но также могут меняться и столбцы `tuples_total` и `tuples_done`.
`waiting for writers before validation`	Ожидание окончания записи перед проверкой — процедура `CREATE INDEX CONCURRENTLY` или `REINDEX CONCURRENTLY` ожидает завершения транзакций, которые удерживают блокировки записи и могут записывать в таблицу. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах `lockers_total`, `lockers_done` и `current_locker_pid`.
`index validation: scanning index`	Проверка индекса: сканирование — процедура `CREATE INDEX CONCURRENTLY` сканирует индекс, находя кортежи, требующие проверки. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах `blocks_total` (показывающем общий размер индекса) и `blocks_done`.
`index validation: sorting tuples`	Проверка индекса: сортировка кортежей — процедура `CREATE INDEX CONCURRENTLY` сортирует результат фазы сканирования индекса.

Фаза	Описание
index validation: scanning table	Проверка индекса: сканирование таблицы — процедура CREATE INDEX CONCURRENTLY сканирует таблицу, чтобы проверить кортежи индекса, собранные в предыдущих двух фазах. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах blocks_total (показывающем общий размер таблицы) и blocks_done.
waiting for old snapshots	Ожидание старых снимков — процедура CREATE INDEX CONCURRENTLY или REINDEX CONCURRENTLY ожидает освобождения снимков теми транзакциями, которые могут видеть содержимое таблицы. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах lockers_total, lockers_done и current_locker_pid.
waiting for readers before marking dead	Ожидание завершения чтения перед отключением старого индекса — процедура REINDEX CONCURRENTLY ожидает завершения транзакций, которые удерживают блокировки чтения, прежде чем пометить старый индекс как нерабочий. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах lockers_total, lockers_done и current_locker_pid.
waiting for readers before dropping	Ожидание завершения чтения перед удалением старого индекса — процедура REINDEX CONCURRENTLY ожидает завершения транзакций, которые удерживают блокировки чтения, прежде чем удалить старый индекс. Эта фаза пропускается при выполнении операции в неблокирующем режиме. Выполнение процедуры в этой фазе отражается в столбцах lockers_total, lockers_done и current_locker_pid.

27.4.3. Отслеживание выполнения VACUUM

В процессе выполнения VACUUM представление pg_stat_progress_vacuum будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), производящего очистку в данный момент. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и поясняют, как её интерпретировать. Выполнение команд VACUUM FULL отслеживается через pg_stat_progress_cluster, так как и VACUUM FULL, и CLUSTER перезаписывают таблицу, тогда как обычная команда VACUUM модифицирует её саму. См. Подраздел 27.4.4.

Таблица 27.36. Представление pg_stat_progress_vacuum

Тип столбца Описание
pid integer Идентификатор (PID) обслуживающего процесса
datid oid OID базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
datname name Имя базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
relid oid OID очищаемой таблицы.
phase text Текущая фаза очистки. См. Таблицу 27.37.
heap_blks_total bigint

Тип столбца Описание
Общее число блоков кучи в таблице. Это число отражает состояние в начале сканирования; блоки, добавленные позже, не будут (и не должны) обрабатываться текущей командой VACUUM.
heap_blks_scanned bigint Число просканированных блоков кучи. Так как для оптимизации сканирования применяется карта видимости, некоторые блоки могут пропускаться без осмотра; пропущенные блоки входят в это общее число, так что по завершении очистки это число станет равно heap_blks_total . Этот счётчик увеличивается только в фазе scanning heap.
heap_blks_vacuumed bigint Число очищенных блоков кучи. Если в таблице нет индексов, этот счётчик увеличивается только в фазе vacuuming heap (очистка кучи). Блоки, не содержащие «мёртвых» кортежей, при этом пропускаются, так что этот счётчик иногда может увеличиваться резкими рывками.
index_vacuum_count bigint Количество завершённых циклов очистки индекса.
max_dead_tuples bigint Число «мёртвых» кортежей, которое мы можем сохранить, прежде чем потребуется выполнить цикл очистки индекса, в зависимости от maintenance_work_mem.
num_dead_tuples bigint Число «мёртвых» кортежей, собранных со времени последнего цикла очистки индекса.

Таблица 27.37. Фазы VACUUM

Фаза	Описание
initializing	Инициализация — VACUUM готовится начать сканирование кучи. Эта фаза должна быть очень быстрой.
scanning heap	Сканирование кучи — VACUUM в настоящее время сканирует кучу. При этом будет очищена и, если требуется, дефрагментирована каждая страница, а возможно, также будет произведена заморозка. Отслеживать процесс сканирования можно, следя за содержимым столбца heap_blks_scanned .
vacuuming indexes	Очистка индексов — VACUUM в настоящее время очищает индексы. Если у таблицы есть какие-либо индексы, эта фаза будет наблюдаться минимум единожды в процессе очистки, после того, как куча будет просканирована полностью. Она может повторяться несколько раз в процессе очистки, если объёма maintenance_work_mem (или, в случае автоочистки, autovacuum_work_mem, если он задан) оказывается недостаточно для сохранения всех найденных «мёртвых» кортежей.
vacuuming heap	Очистка кучи — VACUUM в настоящее время очищает кучу. Очистка кучи отличается от сканирования, так как она происходит после каждой операции очистки индексов. Если heap_blks_scanned меньше чем heap_blks_total , система вернётся к сканированию кучи после завершения этой фазы; в противном случае она начнёт уборку индексов.
cleaning up indexes	Уборка индексов — VACUUM в настоящее время производит уборку в индексах. Это происходит после завершения полного сканирования кучи и очистки индексов и кучи.
truncating heap	Усечение кучи — VACUUM в настоящее время усекает кучу, чтобы возвратить операционной системе объём пустых страниц в конце отношения. Это происходит после уборки индексов.

Фаза	Описание
performing final cleanup	Выполнение окончательной очистки — VACUUM выполняет окончательную очистку. На этой стадии VACUUM очищает карту свободного пространства, обновляет статистику в pg_class и передаёт статистику сборщику статистики, После этой фазы VACUUM завершит свою работу.

27.4.4. Отслеживание выполнения CLUSTER

Во время выполнения CLUSTER или VACUUM FULL представление pg_stat_progress_cluster будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса, выполняющего любую из этих команд. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и поясняют, как её интерпретировать.

Таблица 27.38. Представление pg_stat_progress_cluster

Тип столбца Описание
pid integer Идентификатор (PID) обслуживающего процесса
datid oid OID базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
datname name Имя базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
relid oid OID обрабатываемой таблицы.
command text Выполняемая команда: CLUSTER или VACUUM FULL.
phase text Текущая фаза обработки. См. Таблицу 27.39.
cluster_index_relid oid Если таблица сканируется по индексу, это поле содержит OID данного индекса, а иначе — 0.
heap_tuples_scanned bigint Число просканированных кортежей кучи. Этот счётчик увеличивается только в фазе seq scanning heap, index scanning heap или writing new heap.
heap_tuples_written bigint Число записанных кортежей кучи. Этот счётчик увеличивается только в фазе seq scanning heap, index scanning heap или writing new heap.
heap_blks_total bigint Общее число блоков кучи в таблице. Это число отражает состояние в начале фазы seq scanning heap.
heap_blks_scanned bigint Число просканированных блоков кучи. Этот счётчик увеличивается только в фазе seq scanning heap.
index_rebuild_count bigint Число перестроенных индексов. Это счётчик увеличивается только в фазе rebuilding index.

Таблица 27.39. Фазы CLUSTER и VACUUM FULL

Фаза	Описание
`initializing`	Команда готовится начать сканирование кучи. Эта фаза должна быть очень быстрой.
`seq scanning heap`	Команда в данный момент сканирует таблицу последовательным образом.
`index scanning heap`	`CLUSTER` в данный момент сканирует таблицу по индексу.
`sorting tuples`	`CLUSTER` в данный момент сортирует кортежи.
`writing new heap`	`CLUSTER` в данный момент записывает новую кучу.
`swapping relation files`	Команда в данный момент переставляет только что построенные файлы на место.
`rebuilding index`	Команда в данный момент перестраивает индекс.
`performing final cleanup`	Команда выполняет окончательную очистку. После этой фазы `CLUSTER` или `VACUUM FULL` завершит работу.

27.4.5. Отслеживание выполнение базового копирования

Когда приложение pg_basebackup или подобное выполняет базовое копирование, представление `pg_stat_progress_basebackup` будет содержать по одной строке для каждого процесса-передатчика WAL, выполняющего в данный момент команду репликации `BASE_BACKUP` и передающего копируемые данные. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и поясняют, как её интерпретировать.

Таблица 27.40. Представление `pg_stat_progress_basebackup`

Тип столбца Описание
`pid` `integer` Идентификатор процесса-передатчика WAL.
`phase` `text` Текущая фаза обработки. См. Таблицу 27.41.
`backup_total` `bigint` Общий объём данных, который будет передан. Оценка этого объёма выдаётся на момент начала фазы `streaming database files` (передача файлов данных). Заметьте, что это лишь приблизительная оценка, так как база данных может измениться в фазе `streaming database files` и в резервную копию позже может быть добавлен WAL. Это значение устанавливается равным `backup_streamed`, когда фактически переданный объём начинает превышать рассчитанный предварительно. Когда расчёт оценки в pg_basebackup отключён (то есть передан параметр `--no-estimate-size`), это поле содержит `NULL`.
`backup_streamed` `bigint` Объём переданных данных. Этот показатель увеличивается только в фазе `streaming database files` (передача файлов данных) или `transferring wal files` (передача файлов WAL).
`tablespaces_total` `bigint` Общее число табличных пространств, которые будут переданы.
`tablespaces_streamed` `bigint` Число переданных табличных пространств. Этот счётчик увеличивается только в фазе `streaming database files` (передача файлов данных).

Таблица 27.41. Фазы базового копирования

Фаза	Описание
initializing	Процесс-передатчик WAL готовится начать копирование. Эта фаза должна быть очень быстрой.
waiting for checkpoint to finish	Процесс-передатчик WAL в настоящий момент выполняет pg_start_backup, чтобы подготовиться к получению базовой копии, и ждёт завершения контрольной точки для начала копирования.
estimating backup size	Процесс-передатчик WAL в настоящий момент оценивает общее количество файлов данных, которые будут передаваться при создании базовой копии.
streaming database files	Процесс-передатчик WAL в настоящий момент передаёт файлы данных в качестве содержимого базовой резервной копии.
waiting for wal archiving to finish	Процесс-передатчик WAL в настоящий момент выполняет pg_stop_backup, чтобы закончить копирование, и ждёт успешного завершения архивации всех файлов WAL, необходимых для базовой копии. Если при запуске pg_basebackup был указан параметр `--wal-method=none` или `--wal-method=stream`, резервное копирования заканчивается сразу после данной фазы.
transferring wal files	Процесс-передатчик WAL в настоящее время переносит все файлы WAL, заполненные во время копирования. Эта фаза следует за фазой `waiting for wal archiving to finish`, только если при запуске pg_basebackup указывался параметр `--wal-method=fetch`. По окончании этой фазы резервное копирование завершается.

27.5. Динамическая трассировка

PostgreSQL позволяет выполнять динамическую трассировку сервера базы данных. Имеющиеся возможности позволяют вызывать внешнюю утилиту в определённых точках кода и таким образом отслеживать его выполнение.

Несколько подобных точек сбора метрик, или точек трассировки, уже встроено в исходный код. Предполагается, что эти точки будут использоваться разработчиками и администраторами базы данных. По умолчанию точки трассировки не входят в сборку PostgreSQL; пользователь должен явно указать конфигурационному скрипту необходимость включения этих макросов.

В настоящее время поддерживается только утилита *DTrace*, которая доступна для Solaris, macOS, FreeBSD, NetBSD и Oracle Linux. Проект *SystemTap* для Linux представляет собой эквивалент DTrace и также может быть использован. Теоретически возможна поддержка и других утилит динамической трассировки, для этого необходимо изменить определения для макроса в `src/include/utils/probes.h`.

27.5.1. Компиляция для включения динамической трассировки

По умолчанию точки трассировки недоступны, поэтому в конфигурационном скрипте PostgreSQL требуется явно указать необходимость их подключения. Для поддержки утилиты DTrace укажите `--enable-dtrace` в конфигурационном файле. Более подробно смотрите Раздел 16.4.

27.5.2. Встроенные точки трассировки

В исходный код входит несколько стандартных точек трассировки, которые представлены в Таблице 27.42; в Таблице 27.43 показаны типы данных, которые используются для этих точек. Конечно, для более детального отслеживания работы PostgreSQL можно добавлять и другие точки трассировки.

Таблица 27.42. Встроенные точки трассировки DTrace

Имя	Параметры	Описание
`transaction-start`	`(LocalTransactionId)`	Срабатывает в начале новой транзакции. arg0 задаёт идентификатор транзакции.
`transaction-commit`	`(LocalTransactionId)`	Срабатывает при успешном завершении транзакции. arg0 задаёт идентификатор транзакции.
`transaction-abort`	`(LocalTransactionId)`	Срабатывает, когда транзакция завершается с ошибкой. arg0 задаёт идентификатор транзакции.
`query-start`	`(const char *)`	Срабатывает, когда начинается обработка запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-done`	`(const char *)`	Срабатывает по завершении обработки запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-parse-start`	`(const char *)`	Срабатывает, когда начинается разбор запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-parse-done`	`(const char *)`	Срабатывает по завершении разбора (parsing) запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-rewrite-start`	`(const char *)`	Срабатывает, когда начинается модификация запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-rewrite-done`	`(const char *)`	Срабатывает по завершении модификации запроса. arg0 задаёт текст запроса.
`query-plan-start`	`()`	Срабатывает, когда начинает работать планировщик выполнения запроса.
`query-plan-done`	`()`	Срабатывает по завершении работы планировщика запроса.
`query-execute-start`	`()`	Срабатывает, когда начинается выполнение запроса.
`query-execute-done`	`()`	Срабатывает по завершении выполнения запроса.
`statement-status`	`(const char *)`	Срабатывает каждый раз, когда серверный процесс обновляет свой статус в `pg_stat_activity .status`. arg0 задаёт новую строку состояния.
`checkpoint-start`	`(int)`	Срабатывает в начале контрольной точки. arg0 содержит битовые флаги, с помощью которых задаются разные типы контрольных точек, такие как shutdown, immediate или force.
`checkpoint-done`	`(int, int, int, int, int)`	Срабатывает по завершении контрольной точки. (Перечисленные

Имя	Параметры	Описание
		далее точки трассировки срабатывают последовательно при обработке контрольной точки.) arg0 задаёт число записанных буферов. arg1 — общее число буферов. arg2, arg3 и arg4 задают число файлов WAL, которые были добавлены, удалены или переработаны, соответственно.
`clog-checkpoint-start`	`(bool)`	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в CLOG. arg0 = true для обычных контрольных точек и false для контрольных точек типа shutdown.
`clog-checkpoint-done`	`(bool)`	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в CLOG. Значение arg0 задаётся аналогично значению для `clog-checkpoint-start`.
`subtrans-checkpoint-start`	`(bool)`	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в SUBTRANS. arg0 = true для обычных контрольных точек и false для контрольных точек типа shutdown.
`subtrans-checkpoint-done`	`(bool)`	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в SUBTRANS. Значение arg0 задаётся аналогично значению для `subtrans-checkpoint-start`.
`multixact-checkpoint-start`	`(bool)`	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в MultiXact. arg0 = true для обычных контрольных точек и false для контрольных точек типа shutdown.
`multixact-checkpoint-done`	`(bool)`	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в MultiXact. Значение arg0 задаётся аналогично значению для `multixact-checkpoint-start`.
`buffer-checkpoint-start`	`(int)`	Срабатывает, когда начинается запись буферов контрольной точки. arg0 содержит битовые флаги, с помощью которых задаются разные типы контрольных точек, такие как shutdown, immediate или force.
`buffer-sync-start`	`(int, int)`	Срабатывает во время контрольной точки, когда начинается запись грязных буферов (после нахождения буферов, которые должны быть записаны). arg0 задаёт общее число буферов. arg1 задаёт число буферов, которые в настоящий момент являются грязными и должны быть записаны.

Имя	Параметры	Описание
`buffer-sync-written`	`(int)`	Срабатывает после записи каждого буфера при выполнении контрольной точки. arg0 задаёт идентификатор буфера.
`buffer-sync-done`	`(int, int, int)`	Срабатывает после записи всех грязных буферов. arg0 задаёт общее число буферов. arg1 задаёт число буферов, которые фактически были записаны процессом выполнения контрольной точки. arg2 задаёт число буферов, которое должно было быть записано (arg1 из `buffer-sync-start`); разные значения говорят о том, что во время выполнения этой контрольной точки буферы сбрасывались другими процессами.
`buffer-checkpoint-sync-start`	`()`	Срабатывает после записи грязных буферов в ядро и до начала формирования запросов fsync.
`buffer-checkpoint-done`	`()`	Срабатывает по завершении синхронизации буферов с диском.
`twophase-checkpoint-start`	`()`	Срабатывает, когда начинается двухфазный этап выполнения контрольной точки.
`twophase-checkpoint-done`	`()`	Срабатывает по завершении двухфазного этапа выполнения контрольной точки.
`buffer-read-start`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, bool)`	Срабатывает, когда начинается чтение из буфера. arg0 и arg1 содержат номер слоя и блока этой страницы (arg1 будет иметь значение -1, если выполняется запрос на расширение места для таблицы). arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или `InvalidBackendId` (-1) — для разделяемого буфера. arg6 = true для запросов на расширение места для таблицы, false — в случае обычного чтения.
`buffer-read-done`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, bool, bool)`	Срабатывает по завершении чтения буфера. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы (arg1 будет содержать номер только что добавленного блока, если выполняется запрос на

Имя	Параметры	Описание
		расширение места для таблицы). arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или `InvalidBackendId` (-1) — для разделяемого буфера. arg6 = true для запросов на расширение места для таблицы, false — в случае обычного чтения. arg7 = true, если буфер был обнаружен в пуле, false — если нет.
`buffer-flush-start`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)`	Срабатывает перед формированием любого запроса на запись в разделяемый буфер. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение.
`buffer-flush-done`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)`	Срабатывает по завершении запроса на запись. (Учтите, что это отражает только момент передачи данных в ядро; обычно на диск они ещё не записаны.) Аргументы аналогичны `buffer-flush-start`.
`buffer-write-dirty-start`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)`	Срабатывает, когда серверный процесс начинает запись грязного буфера. (Частое повторение такой пробы означает, что значение shared_buffers слишком мало или что необходимо откорректировать управляющие параметры процесса фоновой записи.) arg0 и arg1 содержат номер слоя и блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение.
`buffer-write-dirty-done`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)`	Срабатывает по завершении записи грязного буфера. Аргументы аналогичны `buffer-write-dirty-start`.
`wal-buffer-write-dirty-start`	`()`	Срабатывает, когда серверный процесс начинает запись грязного WAL буфера из-за того, что свободные WAL буферы закончились. (Частое повторение такой ситуации

Имя	Параметры	Описание
		означает, что значение wal_buffers слишком мало.)
wal-buffer-write-dirty-done	()	Срабатывает по завершении записи грязного WAL буфера.
wal-insert	(unsigned char, unsigned char)	Срабатывает при добавлении записи в WAL. arg0 задаёт идентификатор менеджера ресурсов (rmid) для этой записи. arg1 задаёт информационные флаги.
wal-switch	()	Срабатывает при запросе на переключение сегмента WAL.
smgr-md-read-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int)	Срабатывает, когда начинается чтение блока из отношения. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или `InvalidBackendId` (-1) для разделяемого буфера.
smgr-md-read-done	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, int, int)	Срабатывает по завершении чтения блока. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или `InvalidBackendId` (-1) — для разделяемого буфера. arg6 задаёт количество фактически прочитанных байтов, тогда как arg7 задаёт количество запрошенных байтов (различия говорят о наличии проблемы).
smgr-md-write-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int)	Срабатывает, когда начинается запись блока в отношение. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное

Имя	Параметры	Описание
		отношение, или `InvalidBackendId` (-1) — для разделяемого буфера.
`smgr-md-write-done`	`(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, int, int)`	Срабатывает по завершении записи блока. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат идентификаторы (OID) табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или `InvalidBackendId` (-1) — для разделяемого буфера. arg6 задаёт количество фактически записанных байтов, тогда как arg7 задаёт количество запрошенных байтов (различия говорят о наличии проблемы).
`sort-start`	`(int, bool, int, int, bool, int)`	Срабатывает, когда начинается операция сортировки. arg0 задаёт сортировку таблицы, индекса или элемента данных. arg1 = true, если данные ожидаются уникальными. arg2 задаёт число ключевых столбцов. arg3 задаёт объём доступной рабочей памяти в килобайтах. arg4 = true, если требуется произвольный доступ к результату сортировки. В arg5 значение `0` указывает на последовательный процесс, `1` — на параллельный, а `2` показывает, что это ведущий процесс в параллельной сортировке.
`sort-done`	`(bool, long)`	Срабатывает по завершении сортировки. arg0 = true для внешней сортировки, false — для внутренней сортировки. arg1 задаёт число дисковых блоков, использованных для внешней сортировки, или объём памяти, использованной для внутренней сортировки, в килобайтах.
`lwlock-acquire`	`(char *, LWLockMode)`	Срабатывает, когда выдаётся блокировка LWLock. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
`lwlock-release`	`(char *)`	Срабатывает, когда блокировка LWLock освобождается (но учтите, что никакие ждущие процессы ещё не пробуждены). В arg0 передаётся транш блокировки.

Имя	Параметры	Описание
lwlock-wait-start	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock не доступна моментально, и серверный процесс начал ожидать её доступности. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-wait-done	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда серверный процесс прекращает ожидание блокировки LWLock (но саму блокировку он ещё не получил). В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-condacquire	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock была успешно получена процессом, запросившим её в режиме без ожидания. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-condacquire-fail	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock не была успешно получена процессом, запросившим её в режиме без ожидания. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lock-wait-start	(unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, LOCKMODE)	Срабатывает, когда запрос на тяжёлую блокировку (блокировку lmgr) переходит в состояние ожидания, поскольку блокировка недоступна. Аргументы с arg0 до arg3 задают атрибуты, идентифицирующие объект, на который накладывается блокировка. arg4 задаёт тип объекта, на который накладывается блокировка. arg5 задаёт тип запрошенной блокировки.
lock-wait-done	(unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, LOCKMODE)	Срабатывает, когда запрос на тяжёлую блокировку (блокировку lmgr) выходит из состояния ожидания (т. е. получает блокировку). Аргументы аналогичны lock-wait-start.
deadlock-found	()	Срабатывает, когда детектор взаимных блокировок обнаруживает такую взаимную блокировку

Таблица 27.43. Предопределённые типы, используемые в параметрах точек трассировки

Тип	Определение
LocalTransactionId	unsigned int
LWLockMode	int

Тип	Определение
LOCKMODE	int
BlockNumber	unsigned int
Oid	unsigned int
ForkNumber	int
bool	unsigned char

27.5.3. Использование точек трассировки

В приведённом ниже примере показан скрипт DTrace для анализа числа транзакций в системе, который можно использовать в качестве альтернативы созданию снимка данных `pg_stat_database` до и после выполнения теста производительности:

```
#!/usr/sbin/dtrace -qs

postgresql$1:::transaction-start
{
      @start["Start"] = count();
      self->ts  = timestamp;
}

postgresql$1:::transaction-abort
{
      @abort["Abort"] = count();
}

postgresql$1:::transaction-commit
/self->ts/
{
      @commit["Commit"] = count();
      @time["Total time (ns)"] = sum(timestamp - self->ts);
      self->ts=0;
}
```

При выполнении этот D-скрипт возвращает результат вида:

```
# ./txn_count.d `pgrep -n postgres` or ./txn_count.d <PID>
^C

Start                                          71
Commit                                         70
Total time (ns)                        2312105013
```

> **Примечание**
>
> SystemTap использует отличную от DTrace нотацию для скриптов трассировки, хотя лежащие в их основе точки трассировки совместимы. Стоит отметить, что на момент написания этой главы в скриптах SystemTap имена точек трассировки должны обрамляться двойными подчёркиваниями, а не дефисами. Ожидается, что эта проблема будет решена в следующих версиях SystemTap.

Необходимо помнить, что скрипты DTrace должны быть аккуратно написаны и отлажены, в противном случае собранная трассировочная информация может оказаться бессмысленной. В большинстве случаев причиной обнаруженных проблем является инструментарий, а не сама система. Отправляя на рассмотрение данные, полученные с использованием динамической трассировки, обязательно прилагайте скрипт, с помощью которого они были получены, для того чтобы его также проверить и обсудить.

27.5.4. Задание новых точек трассировки

Новые точки трассировки разработчик может определить в любом участке кода, однако это потребует перекомпиляции. Ниже приведены шаги, необходимые для добавления новых точек трассировки:

1. Определить имена точек трассировки и данные, которые будут доступны в этих точках
2. Добавить описание точек трассировки в `src/backend/utils/probes.d`
3. Включить `pg_trace.h`, если его ещё не использовали в модуле (модулях), содержащих точки трассировки, и вставить `TRACE_POSTGRESQL` отладочные макросы в нужные места исходного кода
4. Перекомпилировать и убедиться в доступности новых точек трассировки

Пример: Вот пример того, как можно добавить точку для трассировки всех новых транзакций по их идентификатору.

1. Устанавливаем, что проба будет называться `transaction-start` и принимать параметр типа `LocalTransactionId`
2. Добавляем определение пробы в `src/backend/utils/probes.d`:

   ```
   probe transaction__start(LocalTransactionId);
   ```

   Обратите внимание на использование двойного подчёркивания в имени пробы. В скрипте DTrace, использующем эту точку, двойное подчёркивание нужно будет заменить дефисом, поэтому в документации для пользователей имя этой пробы — `transaction-start`.
3. Во время компиляции `transaction__start` преобразуется в макрос `TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START` (обратите внимание, что здесь используется одинарное подчёркивание), который доступен в результате включения `pg_trace.h`. Добавим вызов макроса в требуемую точку исходного кода. В данном случае это будет выглядеть приблизительно так:

   ```
   TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START(vxid.localTransactionId);
   ```
4. После перекомпиляции и запуска нового бинарного файла используйте следующую команду DTrace, чтобы проверить доступность только что добавленной пробы. Должен получиться результат, подобный этому:

   ```
   # dtrace -ln transaction-start
      ID    PROVIDER          MODULE           FUNCTION NAME
   18705 postgresql49878     postgres     StartTransactionCommand transaction-start
   18755 postgresql49877     postgres     StartTransactionCommand transaction-start
   18805 postgresql49876     postgres     StartTransactionCommand transaction-start
   18855 postgresql49875     postgres     StartTransactionCommand transaction-start
   18986 postgresql49873     postgres     StartTransactionCommand transaction-start
   ```

При добавлении макросов трассировки в код, написанный на языке C, необходимо позаботиться о следующем:

- Нужно убедиться, что типы данных, определённые в параметрах пробы, совпадают с типами данных переменных, которые используются в макросе. В противном случае компиляция завершится с ошибками.
- В большинстве платформ в случае, если PostgreSQL собран с указанием `--enable-dtrace`, то аргументы макроса трассировки вычисляются каждый раз, когда макрос получает управление, *даже если трассировка не выполняется*. Об этом не стоит беспокоиться, если вы просто возвращаете значения небольшого числа локальных переменных. Однако избегайте использования ресурсоёмких вызовов функций в аргументах. Если это необходимо, то постарайтесь защитить макрос проверкой, которая будет определять, действительно ли включена трассировка:

  ```
  if (TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START_ENABLED())
  ```

```
TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START(some_function(...));
```

Каждый макрос трассировки имеет соответствующий макрос ENABLED.

Глава 28. Мониторинг использования диска

В данной главе обсуждается как отслеживать использование дискового пространства в СУБД PostgreSQL.

28.1. Определение использования диска

Для каждой таблицы создаётся первичный дисковый файл кучи (heap), в котором хранится большая часть данных. Если в таблице есть столбцы с потенциально большими значениями, то также может быть и ассоциированный с этой таблицей файл TOAST, который используется для хранения слишком больших значений, не умещающихся в главной таблице (см. Раздел 69.2). На каждую таблицу TOAST, если она существует, будет существовать один индекс. Также там могут быть и индексы, ассоциированные с базовой таблицей. Каждая таблица и индекс хранятся в отдельном дисковом файле — возможно более чем в одном файле, если размер этого файла превышает один гигабайт. Преобразования имён для этих файлов описываются в Разделе 69.1.

Вы можете осуществлять мониторинг дискового пространства тремя способами: используя SQL-функции, перечисленные в Таблице 9.90, используя модуль oid2name или просматривая системные каталоги вручную. Вышеупомянутые SQL-функции являются наиболее простыми и рекомендуются для использования. В продолжении этого раздела рассказывается, как просматривать системные каталоги.

Используя psql после недавнего применения команд VACUUM или ANALYZE, вы можете выполнить такой запрос, чтобы увидеть сколько дискового пространства использует какая-либо таблица:

```
SELECT pg_relation_filepath(oid), relpages FROM pg_class WHERE relname = 'customer';

 pg_relation_filepath | relpages
----------------------+----------
 base/16384/16806     |       60
(1 row)
```

Каждая страница обычно равна 8Кб. (Помните, что `relpages` обновляется только командами `VACUUM`, `ANALYZE`, и несколькими командами DDL, такими как `CREATE INDEX`). Путь к файлу представляет интерес, если вы хотите проанализировать непосредственно файл на диске.

Чтобы посмотреть пространство, используемое таблицами TOAST, используйте следующий запрос:

```
SELECT relname, relpages
FROM pg_class,
     (SELECT reltoastrelid
      FROM pg_class
      WHERE relname = 'customer') AS ss
WHERE oid = ss.reltoastrelid OR
      oid = (SELECT indexrelid
             FROM pg_index
             WHERE indrelid = ss.reltoastrelid)
ORDER BY relname;

       relname        | relpages
----------------------+----------
 pg_toast_16806       |        0
 pg_toast_16806_index |        1
```

Вы можете легко посмотреть размеры индексов:

```
SELECT c2.relname, c2.relpages
FROM pg_class c, pg_class c2, pg_index i
WHERE c.relname = 'customer' AND
      c.oid = i.indrelid AND
```

```
      c2.oid = i.indexrelid
ORDER BY c2.relname;

      relname      | relpages
-------------------+----------
 customer_id_index |       26
```

Также легко найти самые большие таблицы и индексы, используя эту информацию:

```
SELECT relname, relpages
FROM pg_class
ORDER BY relpages DESC;

       relname        | relpages
----------------------+----------
 bigtable             |     3290
 customer             |     3144
```

28.2. Ошибка переполнения диска

Основная цель мониторинга дисков для администратора БД — предотвратить их переполнение. Если переполнится диск с данными, повреждения данных не произойдёт, но могут не выполняться полезные действия. Если же переполнится диск, содержащий файлы WAL, это может привести к аварийному сбою сервера с последующим его отключением.

Если вы не можете освободить дополнительное пространство на диске, удалив какие-либо другие файлы, то можно перенести часть файлов базы данных на другие файловые системы с помощью создания табличных пространств. Подробности об этом смотрите в Разделе 22.6.

> **Подсказка**
>
> Некоторые файловые системы плохо работают, когда они почти или совсем заполнены, так что не ждите пока диск заполнится полностью, чтобы выполнить необходимые действия.

Если ваша система поддерживает дисковые квоты для пользователей, вы должны позаботиться о квоте, выделенной для пользователя, от имени которого запускается сервер СУБД. Если эта квота будет исчерпана, последствия будут столь же негативными, как если просто закончится свободное место на диске.

Глава 29. Надёжность и журнал предзаписи

В данной главе рассказывается, как для обеспечения эффективной и надёжной работы используется журнал предзаписи.

29.1. Надёжность

Надёжность — это важное свойство любой серьёзной СУБД и PostgreSQL делает всё возможное, чтобы гарантировать надёжность своего функционирования. Один из аспектов надёжности состоит в том, что все данные записываются с помощью подтверждённых транзакций, которые сохраняются в энергонезависимой области, которая защищена от потери питания, сбоев операционной системы и аппаратных отказов (разумеется, за исключением отказа самой энергонезависимой области). Успешная запись данных в постоянное место хранения (диск или эквивалентный носитель) обычно всё, что требуется. Фактически, даже если компьютер полностью вышел из строя, если диски выжили, то они могут быть переставлены в другой похожий компьютер и все подтверждённые транзакции останутся неповреждёнными.

Хотя периодическая запись данных на пластины диска может выглядеть как простая операция, это не так, потому что диски значительно медленнее, чем оперативная память и процессор, а также потому что между оперативной памятью и пластинами диска есть некоторые механизмы кеширования. Во-первых, есть буферный кеш операционной системы, который кеширует частые запросы к блокам диска и комбинирует запись на диск. К счастью, все операционные системы предоставляют приложениям способ принудительной записи из буферного кеша на диск и PostgreSQL использует эту возможность. (Смотрите параметр wal_sync_method который отвечает за то как это делается.)

Далее, кеширование также может осуществляться контроллером диска; в особенности это касается RAID-контроллеров. В некоторых случаях это кеширование работает в режиме *сквозной записи*, что означает, что запись осуществляется на диск как только приходят данные. В других случаях, возможна работа в режиме *отложенной записи*, что означает, что запись осуществляется некоторое время спустя. Такой режим кеширования может создавать риск для надёжности, потому что память контроллера диска непостоянна и будет потеряна в случае потери питания. Лучшие контроллеры имеют так называемую *батарею резервного питания* (Battery-Backup Unit, BBU), которая сохраняет кеш контроллера на батарее, если пропадёт системное питание. После возобновления питания, данные, оставшиеся в кеше контроллера, будут записаны на диски.

И наконец, многие диски имеют внутренний кеш. На каких-то дисках он работает в режиме сквозной записи, на других — в режиме отложенной записи. В последнем случае с кешем диска связаны те же риски потери данных, что и с кешем контроллера дисков. В частности, кеш отложенной записи, сбрасывающийся при потере питания, часто имеют диски IDE и SATA потребительского класса. Также зависимый от питания кеш отложенной записи имеют многие SSD-накопители.

Обычно, такое кеширование можно выключить; однако то, как это делается, различается для операционной системы и для типа диска:

- В Linux параметры дисков IDE и SATA могут быть получены с помощью команды `hdparm -I`; кеширование записи включено, если за строкой `Write cache` следует `*`. Для выключения кеширования записи может быть использована команда `hdparm -W 0`. Параметры SCSI-дисков могут быть получены с помощью утилиты *sdparm*. Используйте `sdparm --get=WCE`, чтобы проверить, включено ли кеширование записи, и `sdparm --clear=WCE`, чтобы выключить его.
- Во FreeBSD параметры IDE-дисков могут быть получены с помощью команды `camcontrol identify`, а кеширование записи выключается при помощи установки параметра `hw.ata.wc=0` в файле `/boot/loader.conf`; Для SCSI-дисков параметры могут быть получены, используя команду `camcontrol identify`, а кеширование записи изменяется при помощи утилиты `sdparm`.
- В Solaris кешированием записи на диск управляет команда `format -e`. (Использование файловой системы Solaris ZFS, при включённом кешировании записи на диск, является безопасным, потому что она использует собственные команды сброса кеша на диск.)

- В Windows, если параметр `wal_sync_method` установлен в `open_datasync` (по умолчанию), кеширование записи на диск может быть выключено снятием галочки `My Computer\Open\`*`disk drive`*`\Properties\Hardware\Properties\Policies\Enable write caching on the disk`. В качестве альтернативы, можно установить параметр `wal_sync_method` в значение `fsync` или `fsync_writethrough`, что предотвращает кеширование записи.
- В macOS кеширование записи можно отключить, установив для параметра `wal_sync_method` значение `fsync_writethrough`.

Новые модели SATA-дисков (которые соответствуют стандарту ATAPI-6 или более позднему) предлагают команду сброса кеша на диск (`FLUSH CACHE EXT`), а SCSI-диски уже давно поддерживают похожую команду `SYNCHRONIZE CACHE`. Эти команды недоступны из PostgreSQL напрямую, но некоторые файловые системы (например, ZFS, ext4), могут использовать их для сброса данных из кеша на пластины диска при включённом режиме кеша сквозной записи. К сожалению, такие файловые системы ведут себя неоптимально при комбинировании с батареей резервного питания (BBU) дискового контроллера. В таких случаях, команда синхронизации принуждает сохранять все данные на диск из кеша контроллера, сводя преимущество BBU к нулю. Вы можете запустить модуль pg_test_fsync, чтобы увидеть, что вы попали в эту ситуацию. Если это так, преимущества производительности BBU могут быть восстановлены с помощью выключения барьеров записи для файловой системы или переконфигурирования контроллера диска, если это возможно. Если барьеры записи выключены, убедитесь, что батарея годная; при отказе батареи может произойти потеря данных. Есть надежда, что разработчики файловых систем и контроллеров дисков, в конце концов, устранят это неоптимальное поведение.

Когда операционная система отправляет запрос на запись к аппаратному обеспечению для хранения данных, она мало что может сделать, чтобы убедиться, что данные действительно сохранены в какой-либо энергонезависимой области. Скорее, это является зоной ответственности администратора, убедиться в целостности данных на всех компонентах хранения. Избегайте дисковых контроллеров, которые не имеют батарей резервного питания для кеширования записи. На уровне диска, запретите режим отложенной записи, если диск не может гарантировать, что данные будут записаны перед выключением. Если вы используете SSD, знайте, что многие из них по умолчанию не выполняют команды сброса кеша на диск. Вы можете протестировать надёжность поведения подсистемы ввода/вывода, используя *`diskchecker.pl`*.

Другой риск потери данных состоит в самой записи на пластины диска. Пластины диска разделяются на секторы, обычно по 512 байт каждый. Каждая операция физического чтения или записи обрабатывает целый сектор. Когда дисковый накопитель получает запрос на запись, он может соответствовать нескольким секторам по 512 байт (PostgreSQL обычно за один раз записывает 8192 байта или 16 секторов) и из-за отказа питания процесс записи может закончится неудачей в любое время, что означает, что некоторые из 512-байтовых секторов будут записаны, а некоторые нет. Чтобы защититься от таких сбоев, *перед* изменением фактической страницы на диске PostgreSQL периодически записывает полные образы страниц на постоянное устройство хранения WAL. Так во время восстановления после сбоя PostgreSQL может восстановить из WAL частично записанные страницы. Если файловая система защищена от частичной записи страниц (например, ZFS), отключить работу с образами страниц можно при помощи конфигурационного параметра full_page_writes. Батарея резервного питания (BBU) контроллера диска не защищает от частичной записи страниц, если не гарантируется, что данные записаны в BBU как полные (8 КБ) страницы.

PostgreSQL также защищает от некоторых видов повреждения данных на устройствах хранения, которые могут произойти из-за аппаратных ошибок или из-за дефектов поверхности с течением времени, например, при операциях чтения/записи во время сборки мусора.

- Каждая индивидуальная запись в WAL защищена с помощью контрольной суммы по алгоритму CRC-32C (32-bit), что позволяет судить о корректности данных в записи. Значение CRC устанавливается, когда мы пишем каждую запись WAL и проверяется в ходе восстановления после сбоя, восстановления из архива, и при репликации.
- Страницы данных в настоящее время не защищаются контрольными суммами по умолчанию, хотя полные образы страниц, записанные в WAL, будут защищены; смотрите initdb для деталей о включении в страницы данных информации о контрольных суммах.

- Для внутренних структур данных, таких как `pg_xact`, `pg_subtrans`, `pg_multixact`, `pg_serial`, `pg_notify`, `pg_stat`, `pg_snapshots` не ведётся расчёт контрольной суммы, равно как и для страниц, защищённых посредством полностраничной записи. Однако там, где такие структуры данных являются постоянными, записи WAL пишутся таким образом, чтобы после сбоя было возможно аккуратно повторить последние изменения, а эти записи WAL защищаются так же, как описано выше.
- Файлы каталога `pg_twophase` защищены с помощью контрольной суммы CRC-32C.
- Временные файлы данных, используемые в больших SQL-запросах для сортировки, материализации и промежуточных результатов, в настоящее время не защищаются контрольной суммой, а изменения в этих файлах не отражаются в WAL.

PostgreSQL не защищает от корректируемых ошибок памяти; предполагается, что вы будете работать с памятью, которая использует промышленный стандарт коррекции ошибок (ECC, Error Correcting Codes) или лучшую защиту.

29.2. Журнал предзаписи (WAL)

Журнал предзаписи (WAL) — это стандартный метод обеспечения целостности данных. Детальное описание можно найти в большинстве книг (если не во всех) по обработке транзакций. Вкратце, основная идея WAL состоит в том, что изменения в файлах с данными (где находятся таблицы и индексы) должны записываться только после того, как эти изменения были занесены в журнал, т. е. после того как записи журнала, описывающие данные изменения, будут сохранены на постоянное устройство хранения. Если следовать этой процедуре, то записывать страницы данных на диск после подтверждения каждой транзакции нет необходимости, потому что мы знаем, что если случится сбой, то у нас будет возможность восстановить базу данных с помощью журнала: любые изменения, которые не были применены к страницам с данными, могут быть воссозданы из записей журнала. (Это называется восстановлением с воспроизведением, или REDO.)

> **Подсказка**
>
> Поскольку WAL восстанавливает содержимое файлов базы данных, журналируемая файловая система не является необходимой для надёжного хранения файлов с данными или файлов WAL. Фактически, журналирование может снизить производительность, особенно если журналирование заставляет сохранять *данные* файловой системы на диск. К счастью, такое сохранение при журналировании часто можно отключить с помощью параметров монтирования файловой системы, например, `data=writeback` для файловой системы ext3 в Linux. С другой стороны, с журналируемыми файловыми системами увеличивается скорость загрузки после сбоя.

Результатом использования WAL является значительное уменьшение количества запросов записи на диск, потому что для гарантии, что транзакция подтверждена, в записи на диск нуждается только файл журнала, а не каждый файл данных изменённый в результате транзакции. Файл журнала записывается последовательно и таким образом, затраты на синхронизацию журнала намного меньше, чем затраты на запись страниц с данными. Это особенно справедливо для серверов, которые обрабатывают много маленьких транзакций, изменяющих разные части хранилища данных. Таким образом, когда сервер обрабатывает множество мелких конкурентных транзакций, для подтверждения многих транзакций достаточно одного вызова `fsync` на файл журнала.

WAL также делает возможным поддержку резервного копирования «на ходу» и восстановления на определённый момент времени, как описывается в Разделе 25.3. С помощью архивирования данных WAL поддерживается возврат к любому моменту времени, который доступен в данных WAL: мы просто устанавливаем предыдущую физическую резервную копию базы данных и воспроизводим журнал WAL до нужного момента времени. Более того, физическая резервная копия не должна быть мгновенным снимком состояния баз данных — если она была сделана некоторое время назад, воспроизведение журнала WAL за этот период исправит все внутренние несоответствия.

29.3. Асинхронное подтверждение транзакций

Асинхронная фиксация — это возможность завершать транзакции быстрее, ценой того, что в случае краха СУБД последние транзакции могут быть потеряны. Для многих приложений такой компромисс приемлем.

Как описано в предыдущей части, подтверждение транзакции обычно *синхронное*: сервер ждёт сохранения записей WAL транзакции в постоянном хранилище, прежде чем сообщить клиенту об успешном завершении. Таким образом, клиенту гарантируется, что транзакция, которую подтвердил сервер, будет защищена, даже если сразу после этого произойдёт крах сервера. Однако для коротких транзакций данная задержка будет основной составляющей общего времени транзакции. В режиме асинхронного подтверждения сервер сообщает об успешном завершении сразу, как только транзакция будет завершена логически, прежде чем сгенерированные записи WAL фактически будут записаны на диск. Это может значительно увеличить производительность при выполнении небольших транзакций.

Асинхронное подтверждение транзакций приводит к риску потери данных. Существует короткое окно между отчётом о завершении транзакции для клиента и временем, когда транзакция реально подтверждена (т. е. гарантируется, что она не будет потеряна в случае краха сервера). Таким образом, асинхронное подтверждение транзакций не должно использоваться, если клиент будет выполнять внешние действия, опираясь на предположение, что транзакция будет сохранена. Например, банк конечно не должен использовать асинхронное подтверждение для транзакций в банкоматах, выдающих наличные. Но во многих случаях, таких как журналирование событий, столь серьёзная гарантия сохранности данных не нужна.

Риск потери данных при использовании асинхронного подтверждения транзакций — это не риск повреждения данных. Если случился крах СУБД, она будет восстановлена путём воспроизведения WAL до последней записи, которая была записана на диск. Таким образом, будет восстановлено целостное состояние СУБД, но любые транзакции, которые ещё не были сохранены на диск, в этом состоянии не будут отражены. Чистый эффект будет заключаться в потере нескольких последних транзакций. Поскольку транзакции воспроизводятся в том же порядке, в котором подтверждались, воспроизведение не нарушает целостность — например, если транзакция «B» выполнила изменения, которые влияют на предыдущую транзакцию «A», то не может быть такого, что изменения, выполненные «A» были потеряны, а изменения, внесённые «B» сохранены.

Пользователь может выбрать режим подтверждения для каждой транзакции, так что возможен конкурентный запуск транзакций в синхронном и асинхронном режиме. Это позволяет достичь гибкого компромисса между производительностью и конечно надёжностью транзакций. Режим подтверждения транзакций управляется параметром synchronous_commit, который может быть изменён любым из способов, пригодным для установки параметров конфигурации. Режим, используемый для какой-либо конкретной транзакции, зависит от значения `synchronous_commit`, которое действует на момент начала этой транзакции.

Некоторые команды, например `DROP TABLE`, принудительно запускают синхронное подтверждение транзакции, независимо от значения `synchronous_commit`. Это сделано для того, чтобы иметь уверенность в целостности данных между файловой системой сервера и логическим состоянием базы данных. Команды, которые поддерживают двухфазное подтверждение транзакций, такие как `PREPARE TRANSACTION`, также всегда синхронные.

Если во время окна риска между асинхронным подтверждением транзакции и сохранением на диск записей WAL, происходит крах СУБД, то изменения, сделанные во время этой транзакции *будут* потеряны. Продолжительность окна риска ограничена, потому что фоновый процесс («WAL writer»), сохраняет не записанные записи WAL на диск каждые wal_writer_delay миллисекунд. Фактически, максимальная продолжительность окна риска составляет трёхкратное значение `wal_writer_delay`, потому что WAL writer разработан так, чтобы сразу сохранять целые страницы во время периодов занятости.

> **Внимание**
>
> Режим немедленного завершения работы (immediate) эквивалентен краху сервера и приведёт, таким образом, к потере всех не сохранённых асинхронных транзакций.

Асинхронное подтверждение транзакций предоставляет поведение, которое отличается от того, что соответствует установке параметра fsync = off. Настройка `fsync` касается всего сервера и может изменить поведение всех транзакций. Она выключает всю логику внутри PostgreSQL, которая пытается синхронизировать запись отдельных порций в базу данных и, таким образом, крах системы (обусловленный отказом аппаратного обеспечения или операционной системы, который не является сбоем самой СУБД PostgreSQL) может в результате привести к повреждению состояния базы данных. Во многих случаях, асинхронное подтверждение транзакций предоставляет лучшую производительность, чем то, что можно получить выключением `fsync`, но без риска повреждения данных.

commit_delay также выглядит очень похоже на асинхронное подтверждение транзакций, но по сути это является методом синхронного подтверждения транзакций (фактически, во время асинхронных транзакций `commit_delay` игнорируется). `commit_delay` приводит к задержке только перед тем, как синхронная транзакция пытается записать данные WAL на диск, в надежде, что одиночная запись, выполняемая на одну такую транзакцию, сможет также обслужить другие транзакции, которые подтверждаются приблизительно в это же время. Установку этого параметра можно рассматривать как способ увеличения промежутка времени, в течение которого транзакции группируются для единовременной записи на диск. Это распределяет стоимость записи между несколькими транзакциями.

29.4. Настройка WAL

Существует несколько конфигурационных параметров, относящихся к WAL, которые влияют на производительность СУБД. Далее рассказывается об их использовании. Общую информацию об установке параметров конфигурации сервера смотрите в Главе 19.

Контрольные точки— это точки в последовательности транзакций, в которых гарантируется, что файлы с данными и индексами были обновлены всей информацией, записанной перед контрольной точкой. Во время выполнения контрольной точки все «грязные» страницы данных, находящиеся в памяти, сбрасываются на диск, а в файле журнала создаётся специальная запись контрольной точки. (Сделанные изменения были перед этим записаны в файлы WAL.) В случае сбоя процедура восстановления ищет последнюю запись контрольной точки, чтобы определить эту точку в журнале (называемую записью REDO), от которой процедура должна начать операцию воспроизведения изменений. Любые изменения файлов данных до этой точки уже гарантированно находятся на диске. Таким образом, после контрольной точки сегменты журнала, которые предшествуют записи REDO, больше не нужны и могут быть удалены или направлены в циклическую перезапись. (Когда выполняется архивирование WAL, сегменты журнала должны быть заархивированы перед циклической перезаписью или удалением.)

Запись всех «грязных» страниц данных из памяти на диск, которая требуется для контрольной точки, может вызвать значительную нагрузку на дисковый ввод/вывод. По этой причине, активность записи по контрольной точке регулируется так, что ввод/вывод начинается при старте контрольной точки и завершается перед стартом следующей контрольной точки; это минимизирует потерю производительности во время прохождения контрольных точек.

Отдельный серверный процесс контрольных точек автоматически выполняет контрольные точки с заданной частотой. Контрольные точки производятся каждые checkpoint_timeout секунд либо при приближении к пределу max_wal_size, если это имеет место раньше. Значения по умолчанию: 5 минут и 1 Гбайт, соответственно. Если после предыдущей контрольной точки новые записи WAL не добавились, следующие контрольные точки будут пропущены, даже если проходит время `checkpoint_timeout`. (Если вы применяете архивацию WAL и хотите установить нижний предел для частоты архивации, чтобы ограничить потенциальную потерю данных, вам следует настраивать параметр archive_timeout, а не параметры контрольных точек.) Также можно выполнить контрольную точку принудительно, воспользовавшись SQL-командой `CHECKPOINT`.

Уменьшение значений `checkpoint_timeout` и/или `max_wal_size` приводит к учащению контрольных точек. Это позволяет ускорить восстановление после сбоя (поскольку для воспроизведения нужно меньше данных), но с другой стороны нужно учитывать дополнительную нагрузку, возникающую вследствие более частого сброса «грязных» страниц данных на диск. Если включён режим full_page_writes (по умолчанию это так), нужно учесть и ещё один фактор. Для обеспечения целостности страницы данных при первом изменении страницы данных после контрольной точки эта страница записывается в журнал целиком. В данном случае, чем меньше интервал между контрольными точками, тем больше объём записи в журнал WAL, так что это частично дискредитирует идею уменьшения интервала записи и в любом случае приводит к увеличению объёма обмена с диском.

Контрольные точки довольно дороги с точки зрения ресурсов: во-первых, потому что они требуют записи всех «грязных» буферов из памяти на диск, и во-вторых, потому что они создают дополнительный трафик WAL, о чём говорилось выше. Таким образом, будет благоразумным установить параметры контрольных точек так, чтобы они не выполнялись слишком часто. Для простой проверки параметров контрольной точки можно установить параметр checkpoint_warning. Если промежуток времени между контрольными точками будет меньше, чем количество секунд, заданное в `checkpoint_warning`, то в журнал сервера будет выдано сообщение с рекомендацией увеличить `max_wal_size`. Эпизодическое появление такого сообщения не является поводом для беспокойства. Но если оно появляется часто, необходимо увеличить значения параметров управления контрольными точками. Массовые операции, такие как `COPY` с большим объёмом данных, могут привести к появлению нескольких таких предупреждений, если значение `max_wal_size` не установлено достаточно большим.

Чтобы избежать «заваливания» системы ввода/вывода при резкой интенсивной записи страниц, запись «грязных» буферов во время контрольной точки растягивается на определённый период времени. Этот период управляется параметром checkpoint_completion_target, который задаётся как часть интервала контрольной точки. Скорость ввода/вывода подстраивается так, чтобы контрольная точка завершилась к моменту истечения заданной части от `checkpoint_timeout` секунд или до превышения `max_wal_size`, если оно имеет место раньше. Со значением 0.5, заданным по умолчанию, можно ожидать, что PostgreSQL завершит процедуру контрольной точки примерно за половину времени до начала следующей. В системе, которая работает практически на пределе мощности ввода/вывода в обычном режиме, есть смысл увеличить `checkpoint_completion_target`, чтобы уменьшить нагрузку ввода/вывода, связанную с контрольными точками. Но с другой стороны, растягивание контрольных точек влияет на время восстановления, так как для восстановления нужно будет задействовать большее количество сегментов WAL. Хотя в `checkpoint_completion_target` можно задать значение вплоть до 1.0, лучше выбрать значение меньше (по крайней мере, не больше 0.9), так как при контрольных точках выполняются и некоторые другие операции, помимо записи «грязных» буферов. Со значением 1.0 контрольные точки, скорее всего, не будут завершаться вовремя, что приведёт к потере производительности из-за неожиданных колебаний требуемого количества сегментов WAL.

На платформах Linux и POSIX параметр checkpoint_flush_after позволяет принудить ОС к сбросу страниц, записываемых во время контрольной точки, при накоплении заданного количества байт. Если его не настроить, эти страницы могут оставаться в кеше страниц ОС, что повлечёт затормаживание при выполнении `fsync` в конце контрольной точки. Этот параметр часто помогает уменьшить задержки транзакций, но может оказать и негативное влияние на производительность; особенно, когда объём нагрузки больше shared_buffers, но меньше кеша страниц в ОС.

Число файлов сегментов WAL в каталоге `pg_wal` зависит от `min_wal_size`, `max_wal_size` и объёма WAL, сгенерированного в предыдущих циклах контрольных точек. Когда старые файлы сегментов оказываются не нужны, они удаляются или перерабатываются (то есть переименовываются, чтобы стать будущими сегментами в нумерованной последовательности). Если вследствие кратковременного скачка интенсивности записи в журнал, предел `max_wal_size` превышается, ненужные файлы сегментов будут удаляться, пока система не опустится ниже этого предела. Оставаясь ниже этого предела, система перерабатывает столько файлов WAL, сколько необходимо для покрытия ожидаемой потребности до следующей контрольной точки, и удаляет остальные. Эта оценка базируется на скользящем среднем числа файлов WAL, задействованных в предыдущих циклах контрольных точек. Скользящее среднее увеличивается немедленно, если фактическое использование превышает оценку, так что в нём в некоторой степени накапливается пиковое использование, а не среднее. Значение `min_wal_size` ограничивает снизу число файлов WAL, которые будут переработаны для будущего использования; такой объём WAL всегда будет перерабатываться, даже если система простаивает и оценка использования говорит, что нужен совсем небольшой WAL.

Вне зависимости от `max_wal_size`, последние файлы WAL в объёме wal_keep_size мегабайт и ещё один дополнительный файл WAL сохраняются в любом случае. Кроме того, если применяется архивация WAL, старые сегменты не могут быть удалены или переработаны, пока они не будут заархивированы. Если WAL архивируется медленнее, чем генерируется, либо если команда `archive_command` постоянно даёт сбои, старые файлы WAL будут накапливаться в `pg_wal`, пока ситуация не будет разрешена. Медленно работающий или отказавший ведомый сервер, использующий слот репликации, даст тот же эффект (см. Подраздел 26.2.6).

В режиме восстановления архива или горячего резерва сервер периодически выполняет *точки перезапуска*, которые похожи на контрольные точки в обычном режиме работы: сервер принудительно сбрасывает своё состояние на диск, обновляет файл `pg_control`, чтобы показать, что уже обработанные данные WAL не нужно сканировать снова, и затем перерабатывает все старые файлы сегментов журнала в каталоге `pg_wal`. Точки перезапуска не могут выполняться чаще, чем контрольные точки на главном сервере, так как они могут происходить только в записях контрольных точек. Точка перезапуска производится, когда достигается запись контрольной точки и после предыдущей точки перезапуска прошло не меньше `checkpoint_timeout` секунд или размер WAL может превысить `max_wal_size`. Однако из-за того, что на время выполнения точек перезапуска накладываются ограничения, `max_wal_size` часто превышается при восстановлении, вплоть до объёма WAL, записываемого в цикле между контрольными точками. (Значение `max_wal_size` никогда и не было жёстким пределом, так что всегда следует оставлять приличный запас сверху, чтобы не остаться без свободного места на диске.)

Наиболее часто используются две связанные с WAL внутренние функции: `XLogInsertRecord` и `XLogFlush`. `XLogInsertRecord` применяется для добавления записи в буферы WAL в разделяемой памяти. Если места для новой записи недостаточно, `XLogInsertRecord` придётся записать (переместить в кеш ядра) несколько заполненных буферов WAL. Это нежелательно, так как `XLogInsertRecord` используется при каждом изменении в базе данных на низком уровне (например, при добавлении строки) в момент, когда установлена исключительная блокировка задействованных страниц данных, поэтому данная операция должна быть максимально быстрой. Что ещё хуже, запись буферов WAL может также повлечь создание нового сегмента журнала, что займёт ещё больше времени. Обычно буферы WAL должны записываться и сохраняться на диске в функции `XLogFlush`, которая вызывается, по большей части, при фиксировании транзакции, чтобы результаты транзакции сохранились в надёжном хранилище. В системах с интенсивной записью в журнал вызовы `XLogFlush` могут иметь место не так часто, чтобы `XLogInsertRecord` не приходилось производить запись. В таких системах следует увеличить число буферов WAL, изменив параметр wal_buffers. Когда включён режим full_page_writes и система очень сильно загружена, увеличение `wal_buffers` поможет сгладить скачки во времени ответа в период сразу после каждой контрольной точки.

Параметр commit_delay определяет, на сколько микросекунд будет засыпать ведущий процесс группы, записывающий в журнал, после получения блокировки в `XLogFlush`, пока подчинённые формируют очередь на запись. Во время этой задержки другие серверные процессы смогут добавлять записи в WAL буферы журнала, чтобы все эти записи сохранились на диск в результате одной операции синхронизации, которую выполнит ведущий. Ведущий процесс не засыпает, если отключён режим fsync, либо число сеансов с активными транзакциями меньше commit_siblings, так как маловероятно, что какой-либо другой сеанс зафиксирует транзакцию в ближайшее время. Заметьте, что на некоторых платформах, разрешение этого таймера сна составляет 10 миллисекунд, так что любое значение параметра `commit_delay` от 1 до 10000 микросекунд будет действовать одинаково. Кроме того, в некоторых системах состояние сна может продлиться несколько дольше, чем требует параметр.

Так как цель commit_delay состоит в том, чтобы позволить стоимости каждой операции синхронизации амортизироваться через параллельную фиксацию транзакций (потенциально за счёт задержки транзакции), необходимо определить количество той стоимости, прежде чем урегулирование сможет быть выбрано разумно. Чем выше стоимость, тем более эффективный будет commit_delay в увеличении пропускной способности транзакций в какой-то степени. Программа pg_test_fsync может использоваться, чтобы измерить среднее время в микросекундах, которое занимает одиночная работа сброса WAL на диск. Значение половины среднего времени сообщаемого программой рекомендуется в качестве отправной точки для использования значения в параметре commit_delay при оптимизации для конкретного объёма работы, и говорит о том, сколько нужно времени для синхронизации сброса единственной операции записи 8 Кбайт. Настройка параметра commit_delay особенно полезна в случае хранения WAL в хранилище с высокоскоростными дисками, такими как твердотельные накопители (SSD) или RAID-массивы с кешем записи и аварийным питанием на батарее; но это определённо должно тестироваться на репрезентативной рабочей нагрузке. Более высокие значения commit_siblings должны использоваться в таких случаях, тогда как меньшие значения commit_siblings часто полезны на носителях с большими задержками. Обратите внимание на то, что увеличение значения параметра commit_delay может увеличить задержку транзакции настолько, что пострадает общая производительность транзакций.

Даже если commit_delay равен нулю (значение по умолчанию), групповая фиксация всё равно может произойти, но группа будет состоять только из тех сеансов, которым понадобилось сбросить записи о фиксации на диск за то время, пока происходил предыдущий сброс. Чем больше сеансов, тем чаще это происходит даже при нулевом commit_delay, поэтому увеличение этого параметра может и не оказать заметного действия. Установка commit_delay имеет смысл в двух случаях: (1) когда несколько транзакций одновременно фиксируют изменения, (2) либо когда частота фиксаций ограничена пропускной способностью дисковой подсистемы. Однако при задержке из-за низкой скорости вращения диска эта настройка может оказаться полезной даже всего при двух сеансах.

Параметр wal_sync_method определяет, как PostgreSQL будет обращаться к ядру, чтобы принудительно сохранить WAL на диск. Все методы должны быть одинаковыми в плане надёжности, за исключением fsync_writethrough, который может иногда принудительно сбрасывать кеш диска, даже если другие методы не делают этого. Однако какой из них самый быстрый, во многом определяется платформой; вы можете протестировать скорость, используя модуль pg_test_fsync. Обратите внимание, что данный параметр не имеет значения, если fsync выключен.

Включение параметра конфигурации wal_debug (предоставляется, если PostgreSQL был скомпилирован с его поддержкой) приводит к тому, что все вызовы связанных с WAL функций XLogInsertRecord и XLogFlush протоколируются в журнале сервера. В будущем данный параметр может быть заменён более общим механизмом.

29.5. Внутреннее устройство WAL

WAL включается автоматически; от администратора не требуется никаких действий за исключением того, чтобы убедиться, что выполнены требования WAL к месту на диске, и что выполнены все необходимые действия по тонкой настройке (см. Раздел 29.4).

Записи WAL добавляются в журналы WAL по мере поступления. Позицию добавления в журнал определяет значение LSN (Log Sequence Number, Последовательный номер в журнале), представляющее собой смещение в байтах внутри журнала, монотонно увеличивающееся с каждой новой записью. Значения LSN возвращаются с типом данных pg_lsn. Сравнивая эти значения, можно вычислить объём данных WAL между ними, так что они могут быть полезны для вычисления прогресса при репликации и восстановлении.

Журналы WAL хранятся в виде набора файлов сегментов в каталоге pg_wal, находящемся в каталоге данных. Эти файлы обычно имеют размер 16 Мбайт каждый (его можно изменить, передав initdb другое значение в --wal-segsize). Каждый файл сегмента разделяется на страницы, обычно по 8 Кбайт (данный размер может быть изменён указанием configure --with-wal-blocksize). Заголовки записей журнала описываются в access/xlogrecord.h; содержимое самой записи зависит от типа события, которое сохраняется в журнале. Файлы сегментов имеют имена-номера, которые начинаются с `000000010000000000000001` и последовательно увеличиваются. Зацикливание этих номеров не предусмотрено, но для использования всех доступных номеров потребуется очень, очень много времени.

Имеет смысл размещать журналы WAL на другом диске, отличном от того, где находятся основные файлы базы данных. Для этого можно переместить каталог `pg_wal` в другое место (разумеется, когда сервер остановлен) и создать символическую ссылку из исходного места на перемещённый каталог.

Для WAL важно, чтобы запись в журнал выполнялась до изменений данных в базе. Но этот порядок могут нарушить дисковые устройства, которые ложно сообщают ядру об успешном завершении записи, хотя фактически они только выполнили кеширование данных и пока не сохранили их на диск. Сбой питания в такой ситуации может привести к неисправимому повреждению данных. Администраторы должны убедиться, что диски, где хранятся файлы журналов WAL PostgreSQL, не выдают таких ложных сообщений ядру. (См. Раздел 29.1.)

После выполнения контрольной точки и сброса журнала позиция контрольной точки сохраняется в файл `pg_control`. Таким образом, при старте восстановления сервер сперва читает файл `pg_control` и затем запись контрольной точки; затем он выполняет операцию REDO, сканируя вперёд от позиции в журнале, обозначенной в записи контрольной точки. Поскольку полное содержимое страниц данных сохраняется в журнале в первой странице после контрольной точки (предполагается, что включён режим full_page_writes), все страницы, изменённые с момента контрольной точки, будут восстановлены в целостном состоянии.

В случае, если файл `pg_control` повреждён, мы должны поддерживать возможность сканирования существующих сегментов журнала в обратном порядке — от новых к старым — чтобы найти последнюю контрольную точку. Это пока не реализовано. `pg_control` является достаточно маленьким файлом (меньше, чем одна дисковая страница), который не должен попадать под проблему частичной записи и на момент написания данной документации, не было ни одного сообщения о сбоях СУБД исключительно из-за невозможности чтения самого файла `pg_control`. Таким образом, хотя теоретически это является слабым местом, на практике проблем с `pg_control` не обнаружено.

Глава 30. Логическая репликация

Логическая репликация — это метод репликации объектов данных и изменений в них, использующий репликационные идентификаторы (обычно это первичный ключ). Мы называем такую репликацию «логической», в отличие от физической, которая построена на точных адресах блоков и побайтовом копировании. PostgreSQL поддерживает оба механизма одновременно; см. Главу 26. Логическая репликация позволяет более детально управлять репликацией данных и аспектами безопасности.

В логической репликации используется модель *публикаций*/*подписок* с одним или несколькими *подписчиками*, которые подписываются на одну или несколько *публикаций* на *публикующем* узле. Подписчики получают данные из публикаций, на которые они подписаны, и могут затем повторно опубликовать данные для организации каскадной репликации или более сложных конфигураций.

Логическая репликация таблицы обычно начинается с создания снимка данных в публикуемой базе данных и копирования её подписчику. После этого изменения на стороне публикации передаются подписчику в реальном времени, когда они происходят. Подписчик применяет изменения в том же порядке, что и узел публикации, так что для публикаций в рамках одной подписки гарантируется транзакционная целостность. Этот метод репликации данных иногда называется транзакционной репликацией.

Типичные сценарии использования логической репликации:

- Передача подписчикам инкрементальных изменений в одной базе данных или подмножестве базы данных, когда они происходят.
- Срабатывание триггеров для отдельных изменений, когда их получает подписчик.
- Объединение нескольких баз данных в одну (например, для целей анализа).
- Репликация между разными основными версиями PostgreSQL.
- Репликация между экземплярами PostgreSQL на разных платформах (например, с Linux на Windows)
- Предоставление доступа к реплицированным данным другим группам пользователей.
- Разделение подмножества базы данных между несколькими базами данных.

База данных подписчика функционирует так же, как и любой другой экземпляр базы PostgreSQL, и может стать публикующей, если создать публикации в ней. Когда подписчик действует как исключительно читающее приложение, никаких конфликтов с одной подпиской не будет. Но они могут возникнуть, если в тот же набор таблиц производят запись какие-либо приложения или другие подписчики.

30.1. Публикация

Публикация может быть определена на любом ведущем сервере физической репликации. Сервер, на котором определяется публикация, называется *публикующим*. Публикация — это набор изменений, выделяемых в таблице или в группе таблиц (он также может называться набором репликации). Публикация существует только в одной базе данных.

Публикации отличаются от схем и они никак не влияют на доступ к таблице. Если требуется, каждую таблицу можно включить в несколько публикаций. В настоящее время публикации могут содержать только таблицы. Объекты в них нужно добавлять явным образом, если только публикация не создана для всех таблиц (с указанием `ALL TABLES`).

Публикации могут ограничивать набор публикуемых изменений, выбирая любое сочетание операций из `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `TRUNCATE`, подобно тому как для разных типов событий могут срабатывать триггеры. По умолчанию реплицируются все типы операций.

Чтобы можно было реплицировать операции `UPDATE` и `DELETE`, в публикуемой таблице должен быть настроен «репликационный идентификатор» для нахождения соответствующих строк для изменения или удаления на стороне подписчика. По умолчанию это первичный ключ, если он создан. Также репликационным идентификатором можно назначить другой уникальный индекс (с некоторыми дополнительными условиями). Если в таблице нет подходящего ключа, в качестве репликационного идентификатора можно задать «full», что будет означать, что ключом будет вся строка. Это, однако, очень неэффективно и должно применяться как крайняя мера, если другого решения нет. Если на стороне публикации выбран репликационный идентификатор, отличный от «full», то идентификатор, состоящий из того же или меньшего количества столбцов, также должен быть определён на стороне подписчика. Подробнее о назначении репликационного идентификатора рассказывается в `REPLICA IDENTITY`. Если в публикацию, в которой реплицируются операции `UPDATE` и `DELETE`, добавляется таблица без репликационного идентификатора, то последующие команды `UPDATE` и `DELETE` на стороне публикации вызовут ошибку. Команды `INSERT` могут выполняться вне зависимости от такого идентификатора.

У каждой публикации может быть множество подписчиков.

Публикация создаётся командой CREATE PUBLICATION и может быть впоследствии изменена или удалена с помощью соответствующих команд.

В публикации можно динамически добавлять или удалять отдельные таблицы, используя команду ALTER PUBLICATION. Операции `ADD TABLE` и `DROP TABLE` являются транзакционными, так что репликация таблицы будет начата или закончена с определённым снимком только после фиксации транзакции.

30.2. Подписка

Подписка — это принимающая сторона логической репликации. Узел, на котором определяется подписка, называется *подписчиком*. В свойствах подписки определяется подключение к другой базе данных и набор публикаций (из одной или нескольких), на которые подписчик хочет подписаться.

База данных подписчика работает так же, как и экземпляр любой другой базы PostgreSQL, и может быть публикующей для других баз, если в ней определены собственные подписки.

Узел подписчика может подписываться на несколько подписок, если требуется. В одной паре публикующий сервер/подписчик могут быть определены несколько подписок, но при этом нужно позаботиться о том, чтобы публикуемые объекты в разных подписках не перекрывались.

Изменения в каждой подписке будут приходить через один слот репликации (см. Подраздел 26.2.6). Дополнительные слоты репликации могут потребоваться для начальной синхронизации уже существующих данных таблиц.

Подписка логической репликации может представлять собой ведомый узел для синхронной репликации (см. Подраздел 26.2.8). В этом случае именем ведомого узла по умолчанию будет имя подписки. Другое имя можно задать в свойстве `application_name` в строке подключения для данной подписки.

Подписки могут быть выгружены командой `pg_dump`, если её выполняет суперпользователь. В противном случае выдаётся предупреждение и подписки пропускаются, так как обычным пользователям не разрешено читать всю информацию о подписках из каталога `pg_subscription`.

Подписки добавляются командой CREATE SUBSCRIPTION и могут быть остановлены/возобновлены в любой момент командой ALTER SUBSCRIPTION, а также удалены командой DROP SUBSCRIPTION.

Когда подписка удаляется и пересоздаётся, информация о синхронизации теряется. Это означает, что после этого данные необходимо синхронизировать заново.

Определения схемы не реплицируются, а публикуемые таблицы должны существовать в базе подписчика. Объектами репликации могут быть только обычные таблицы. Так, например, нельзя произвести репликацию в представление.

Таблицы публикации сопоставляются с таблицами подписчика по полностью заданным именам таблиц. Репликация в таблицы с другими именами на стороне подписчика не поддерживается.

Столбцы таблиц также сопоставляются по именам. Порядок столбцов в таблице подписчика может отличаться от порядка столбцов в публикации. Также могут не совпадать типы столбцов; достаточно только возможности преобразования текстового представления данных в целевой тип. Например, данные столбца типа `integer` могут реплицироваться в столбец типа `bigint`. Целевая таблица может также содержать дополнительные столбцы, отсутствующие в публикуемой таблице. Такие столбцы будут заполнены значениями по умолчанию, заданными в определении целевой таблицы.

30.2.1. Управление слотами репликации

Как было сказано ранее, каждая (активная) подписка получает изменения из слота репликации на удалённой стороне (стороне публикации). Обычно расположенный удалённо слот репликации автоматически создаётся при создании подписки командой `CREATE SUBSCRIPTION`, и автоматически удаляется при удалении подписки командой `DROP SUBSCRIPTION`. Однако в некоторых ситуациях может быть полезно или необходимо манипулировать подпиской и нижележащим слотом по отдельности. Например, возможны такие сценарии:

- При создании подписки слот репликации может уже существовать. В этом случае подписку можно создать с параметром `create_slot = false`, чтобы она была связана с существующим слотом.
- При создании подписки расположенный удалённо узел может быть недоступен или находиться в нерабочем состоянии. В этом случае подписку можно создать с указанием `connect = false`. При этом подключение к расположенному удалённо узлу не будет устанавливаться. Этот вариант использует pg_dump. Чтобы активировать такую подписку впоследствии, расположенный удалённо слот репликации нужно будет создать вручную.
- При ликвидации публикации может потребоваться сохранить слот репликации. Например, это полезно, когда нужно перенести базу данных подписчика на другой узел и активировать её там. В этом случае разорвите связь подписки со слотом, используя команду `ALTER SUBSCRIPTION`, прежде чем удалять подписку.
- При ликвидации подписки расположенный удалённо узел может быть недоступен. В этом случае разорвите связь подписки со слотом, используя команду `ALTER SUBSCRIPTION`, прежде чем пытаться удалять подписку. Если расположенный удалённо экземпляр базы данных прекратил существование, больше никакие действия не требуются. Если же такой экземпляр просто оказался недоступным, слот репликации нужно будет удалить вручную; в противном случае публикующий сервер продолжит сохранять WAL и может в конце концов заполнить всё место на диске. Такие случаи заслуживают самого серьёзного разбирательства.

30.3. Конфликты

Логическая репликация работает подобно обычным операциям DML в том смысле, что данные будут изменены, даже если они независимо изменялись на стороне подписчика. Если входящие данные нарушат какие-либо ограничения, репликация остановится. Эта ситуация называется *конфликтом*. При репликации операций `UPDATE` или `DELETE` отсутствие данных не вызывает конфликта, так что такие операции просто пропускаются.

В случае конфликта выдаётся ошибка и репликация останавливается; разрешить возникшую проблему пользователь должен вручную. Подробности конфликта можно найти в журнале сервера-подписчика.

Разрешение может заключаться либо в изменении данных на стороне подписчика, чтобы они не конфликтовали с приходящим изменением, либо в пропуске транзакции, конфликтующей с существующими данными. Пропустить транзакцию можно, вызвав функцию `pg_replication_origin_advance()`, которой передаётся в *`node_name`* соответствующее имя подписки, а также позиция. Текущие позиции источников можно увидеть в системном представлении `pg_replication_origin_status`.

30.4. Ограничения

Логическая репликация в настоящее время имеет ограничения и недостатки, описанные ниже. Они могут быть устранены в будущих выпусках.

- Схема базы данных и команды DDL не реплицируются. Изначальную схему можно скопировать, воспользовавшись командой `pg_dump --schema-only`. Последующие изменения схемы необходимо будет синхронизировать вручную. (Заметьте, однако, что схемы не обязательно должны быть абсолютно идентичными на обеих сторонах репликации.) Если определения схемы в исходной базе данных меняются, логическая репликация работает надёжно — когда данные после изменения схемы прибывают на сторону подписчика, но не вписываются в схему его таблиц, выдаётся ошибка, требующая обновления схемы. Во многих случаях возникновение таких ошибок можно предупредить, сначала применяя дополняющие изменения на подписчике.
- Данные последовательностей не реплицируются. Данные в столбцах serial или столбцах идентификации, выдаваемые последовательностями, конечно, будут реплицированы в составе таблицы, но сама последовательность на подписчике будет сохранять стартовое значение. Если подписчик используется в качестве базы только для чтения, обычно это не является проблемой. Если же, однако, предусматривается возможность переключения на базу подписчика некоторым образом, текущие значения в этих последовательностях нужно будет обновить, либо скопировав текущие данные из базы публикации (вероятно, с применением `pg_dump`), либо выбрав достаточно большие значения из самих таблиц.
- Репликация команд `TRUNCATE` поддерживается, но опустошение групп таблиц, соединённых внешними ключами, стоит выполнять с осторожностью. При репликации действия `TRUNCATE` подписчик опустошит ту же группу таблиц, которая была опустошена на публикующем сервере (явным образом или в результате `CASCADE`), исключая таблицы, не входящие в подписку. Данная операция завершится корректно, если все затронутые таблицы включены в одну и ту же подписку. Если же некоторые таблицы, подлежащие опустошению на подписчике, связаны по внешнему ключу с таблицами, не входящими в данную подписку, операция опустошения на сервере-подписчике завершится ошибкой.
- Большие объекты (см. Главу 34) не реплицируются. Это ограничение нельзя обойти никак, кроме как хранить данные в обычных таблицах.
- Репликация поддерживается только для таблиц, включая секционированные. При попытке реплицировать отношения другого рода, например, представления, матпредставления или сторонние таблицы, будет выдана ошибка.
- При репликации между секционированными таблицами изменения по умолчанию фактически реплицируются из конечных секций на стороне публикации, поэтому соответствующие целевые таблицы должны существовать и на стороне подписчика. Они могут быть тоже конечными секциями, могут дополнительно разбиваться на секции или могут быть даже независимыми таблицами. На стороне публикации также может быть указано, что изменения будут реплицироваться как произошедшие в корневой секционированной таблице (с её именем и схемой), а не в той конечной секции, где они фактически имели место (см. CREATE PUBLICATION).

30.5. Архитектура

Логическая репликация начинается с копирования снимка данных в базе данных публикации. По завершении этой операции изменения на стороне публикации передаются подписчику в реальном времени, когда они происходят. Подписчик применяет изменения в том же порядке, в каком они вносятся на узле публикации, так что для публикаций в рамках одной подписки гарантируется транзакционная целостность.

Логическая репликация построена по схеме, подобной физической потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5). Она реализуется процессами «walsender» (передачи WAL) и «apply» (применения). Процесс walsender запускает логическое декодирование (описанное в Главе 48) WAL и загружает стандартный модуль вывода логического декодирования (`pgoutput`). Этот модуль преобразует изменения, считываемые из WAL, в протокол логической репликации (см. Раздел 52.5) и отфильтровывает данные согласно спецификации публикации. Затем данные последовательно передаются по протоколу логической репликации рабочему процессу применения изменений, который сопоставляет данные с логическими таблицами и применяет отдельные изменения по мере их поступления, сохраняя транзакционный порядок.

Процесс применения изменений в базе данных подписчика всегда выполняется со значением session_replication_role равным replica. Это означает, что по умолчанию триггеры и правила не будут срабатывать на подписчике. При желании пользователи могут включить триггеры и правила для таблицы, используя команду ALTER TABLE с предложениями ENABLE TRIGGER и ENABLE RULE.

Процесс применения логической репликации в настоящее время вызывает только триггеры уровня строк, но не триггеры операторов. Однако начальная синхронизация таблицы реализована как команда COPY и поэтому вызывает триггеры для INSERT и уровня строк, и уровня оператора.

30.5.1. Начальный снимок

Начальные данные существующих таблиц в подписке помещаются в снимок и копируются в параллельном экземпляре процесса применения особого вида. Этот процесс создаёт собственный слот репликации и производит копирование существующих данных. Когда существующие данные будут скопированы, этот рабочий процесс переходит в режим синхронизации, в котором таблица приводится в синхронизированное состояние для основного процесса применения, то есть передаёт все изменения, произошедшие во время начального копирования данных, используя стандартную логическую репликацию. По завершении синхронизации управление репликацией этой таблицы возвращается главному процессу, который продолжает репликацию в обычном режиме.

30.6. Мониторинг

Так как логическая репликация построена по схеме, подобной физической потоковой репликации, мониторинг публикующего узла подобен мониторингу ведущего сервера при физической репликации (см. Подраздел 26.2.5.2).

Информацию о подписке для мониторинга можно получить в представлении pg_stat_subscription. Это представление содержит по одной строке для каждого рабочего процесса подписчика. В зависимости от состояния подписки, с ней может быть связано ноль или более активных рабочих процессов.

Обычно для включённой подписки работает только один процесс применения. Для отключённой или нарушенной подписки это представление будет содержать ноль строк. Если выполняется начальная синхронизация данных для каких-либо таблиц, для этих таблиц будут показаны дополнительные рабочие процессы, производящие синхронизацию.

30.7. Безопасность

Пользователь, имеющий право изменения схемы таблиц на стороне подписчика, может выполнить произвольный код как суперпользователь. Ограничьте круг владельцев и ролей, имеющих право TRIGGER для таких таблиц, доверенными ролями. Более того, в базе, где недоверенные пользователи могут создавать таблицы, включайте в публикацию только таблицы по списку. Другими словами, создавайте подписку FOR ALL TABLES, только когда суперпользователи доверяют всем пользователям, имеющим право создавать не временные таблицы на стороне публикации или подписки.

Роль, используемая для подключения репликации, должна иметь атрибут REPLICATION (или быть суперпользователем). Если у роли отсутствуют свойства SUPERUSER и BYPASSRLS, при репликации могут выполняться политики защиты строк, определённые на стороне публикации. Если эта роль не может доверять владельцам всех таблиц, добавьте в строку подключения options=-crow_security=off; если владелец таблицы добавит политику защиты строк позже, при таком значении параметра репликация остановится, но политика выполняться не будет. Доступ для этой роли должен быть настроен в pg_hba.conf, и эта роль также должна иметь атрибут LOGIN.

Чтобы иметь возможность скопировать исходные данные таблицы, роль, используемая для соединения репликации, должна иметь право `SELECT` в публикуемой таблице (или быть суперпользователем).

Чтобы создать публикацию, пользователь должен иметь право `CREATE` в базе данных.

Чтобы добавлять таблицы в публикацию, пользователь должен иметь права владельца для этих таблиц. Создавать публикации, публикующие все таблицы автоматически, разрешено только суперпользователям.

Создавать подписки разрешено только суперпользователям.

Процесс применения изменений подписки будет выполняться в локальной базе с правами суперпользователя.

Права проверяются только один раз при установлении подключения для репликации. Они не перепроверяются при чтении каждой записи изменения с публикующего сервера и не перепроверяются при применении каждого изменения.

30.8. Параметры конфигурации

Для осуществления логической репликации необходимо установить несколько параметров конфигурации.

На публикующем сервере параметр `wal_level` должен иметь значение `logical`, а в `max_replication_slots` должно быть задано число не меньше ожидаемого числа подписчиков плюс некоторый резерв для синхронизации таблиц. А в `max_wal_senders` должно быть значение как минимум равное `max_replication_slots` плюс число возможных физических реплик, работающих одновременно.

Также на стороне подписчика необходимо установить параметр `max_replication_slots`, задающий число источников репликации, которые могут отслеживаться. В данном случае он должен быть не меньше числа подписок, на которые будет подписываться данный подписчик. В `max_logical_replication_workers` необходимо установить значение не меньше числа подписок плюс некоторый резерв для синхронизации таблиц. Кроме того, может потребоваться изменить `max_worker_processes`, чтобы это число включало дополнительные рабочие процессы для репликации (как минимум `max_logical_replication_workers + 1`). Заметьте, что некоторые расширения и параллельные запросы также занимают слоты из числа `max_worker_processes`.

30.9. Быстрая настройка

Сначала установите параметры конфигурации в `postgresql.conf`:

```
wal_level = logical
```

Другие необходимые параметры по умолчанию имеют значения, подходящие для базовой настройки.

В файл `pg_hba.conf` необходимо внести изменения, чтобы разрешить репликацию (конкретные значения будут зависеть от фактической конфигурации сети и имени пользователя, с которым вы будете подключаться):

```
host     all     repuser     0.0.0.0/0     md5
```

Затем в базе данных публикации выполните:

```
CREATE PUBLICATION mypub FOR TABLE users, departments;
```

И в базе данных подписчика:

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub CONNECTION 'dbname=foo host=bar user=repuser' PUBLICATION
 mypub;
```

Показанная выше команда запустит процесс репликации, который вначале синхронизирует исходное содержимого таблиц `users` и `departments`, а затем начнёт перенос инкрементальных изменений в этих таблицах.

Глава 31. JIT-компиляция

В этой главе рассказывается о том, что такое JIT-компиляция, и как можно настроить её в PostgreSQL.

31.1. Что такое JIT-компиляция?

JIT-компиляция (Just-In-Time compilation, Компиляция «точно в нужное время») — это производимая во время выполнения процедура преобразования интерпретируемого варианта исполнения программы в программу на языке процессора. Например, вместо использования универсального кода, способного вычислять произвольные SQL-выражения, для вычисления конкретного условия `WHERE a.col = 3` можно сгенерировать функцию, предназначенную именно для этого выражения, которую сможет выполнять непосредственно процессор, так что она будет выполняться быстрее.

PostgreSQL поддерживает JIT-компиляцию с использованием *LLVM*, если сборка PostgreSQL производится с ключом `--with-llvm`.

Дополнительные подробности можно найти в файле `src/backend/jit/README`.

31.1.1. Операции, ускоряемые с применением JIT

В настоящее время реализация JIT в PostgreSQL поддерживает ускорение вычисления выражений и преобразования кортежей. В будущем могут быть ускорены и некоторые другие операции.

Вычисление выражений производится при обработке предложений `WHERE`, целевых списков, агрегатов и проекций. Оно может быть ускорено в результате генерирования кода, предназначенного для каждого конкретного случая.

Преобразование кортежей — процедура перевода кортежа с диска (см. Подраздел 69.6.1) в развёрнутое представление в памяти. Его можно ускорить, создав функции, предназначенные для определённой структуры таблицы и количества извлекаемых столбцов.

31.1.2. Встраивание

СУБД PostgreSQL очень гибка и позволяет определять новые типы данных, функции, операторы и другие объекты базы данных; см. Главу 37. В действительности встроенные объекты реализуются практически теми же механизмами. С этой гибкостью связаны некоторые издержки, например, сопутствующие вызовам функций (см. Раздел 37.3). Для сокращения этих издержек JIT-компиляция может встраивать тела маленьких функций в код выражений, использующих их. Это позволяет соптимизировать значительный процент подобных издержек.

31.1.3. Оптимизация

В LLVM поддерживается оптимизация сгенерированного кода. Некоторые оптимизации обходятся достаточно дёшево и могут выполняться при использовании JIT в любом случае, тогда как другие оправданы только при длительных запросах. Подробнее об оптимизации рассказывается в *https://llvm.org/docs/Passes.html#transform-passes*.

31.2. Когда применять JIT?

JIT-компиляция имеет смысл в первую очередь для длительных запросов, нагружающих процессор. Например, такой характер обычно имеют аналитические запросы. Для быстрых запросов накладные расходы, связанные с выполнением JIT-компиляции, часто будут превышать выигрыш от их ускорения.

Решение об использовании JIT-компиляции принимается на основании общей стоимости запроса (см. Главу 71 и Подраздел 19.7.2). Стоимость запроса сравнивается со значением jit_above_cost, и если она оказывается больше, производится JIT-компиляция. Затем принимаются ещё два решения. Во-первых, если его стоимость превышает и значение jit_inline_above_cost, тела небольших функций и операторов, фигурирующих в запросе, будут встраиваться в вызывающий код. Во-вторых, если стоимость запроса превышает значение jit_optimize_above_cost, при генерации кода задействуются дорогостоящие оптимизации для улучшения сгенерированного кода. Обе эти операции увеличивают накладные расходы JIT, но могут значительно сократить время выполнения запроса.

Эти решения принимаются на основе стоимости во время планирования, а не исполнения запроса. Это означает, что в случае использования подготовленных операторов и общего плана (см. Раздел «Примечания») принятие решений зависит от параметров конфигурации, действующих во время подготовки запроса, а не во время выполнения.

Примечание

Если параметр jit имеет значение `off` или сервер не поддерживает JIT (например, потому что он был скомпилирован без `--with-llvm`), JIT-компиляция выполняться не будет, даже если она была бы выгодна, исходя из описанных выше критериев. Присвоенное параметру jit значение `off` учитывается и во время планирования, и во время выполнения запросов.

EXPLAIN позволяет определить, используется ли JIT-компиляция. Например, так выглядит запрос, не использующий JIT:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT SUM(relpages) FROM pg_class;
                                                 QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------
 Aggregate  (cost=16.27..16.29 rows=1 width=8) (actual time=0.303..0.303 rows=1
 loops=1)
   ->  Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..15.42 rows=342 width=4) (actual
 time=0.017..0.111 rows=356 loops=1)
 Planning Time: 0.116 ms
 Execution Time: 0.365 ms
(4 rows)
```

Учитывая стоимость планирования, отказ от использования JIT вполне обоснован, так как стоимость JIT-компиляции оказалась бы больше, чем выигрыш от оптимизации. Если уменьшить ограничение стоимости, JIT будет использоваться:

```
=# SET jit_above_cost = 10;
SET
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT SUM(relpages) FROM pg_class;
                                                 QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------
 Aggregate  (cost=16.27..16.29 rows=1 width=8) (actual time=6.049..6.049 rows=1
 loops=1)
   ->  Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..15.42 rows=342 width=4) (actual
 time=0.019..0.052 rows=356 loops=1)
 Planning Time: 0.133 ms
 JIT:
   Functions: 3
   Options: Inlining false, Optimization false, Expressions true, Deforming true
   Timing: Generation 1.259 ms, Inlining 0.000 ms, Optimization 0.797 ms, Emission
 5.048 ms, Total 7.104 ms
 Execution Time: 7.416 ms
```

В данном случае видно, что JIT используется, но встраивание (Inlining) и дорогостоящие оптимизации (Optimization) не выполнялись. Чтобы их включить, нужно было также уменьшить jit_inline_above_cost и jit_optimize_above_cost.

31.3. Конфигурация

Переменная конфигурации jit определяет, возможно ли использование JIT-компиляции. Если она включена, переменные jit_above_cost, jit_inline_above_cost и jit_optimize_above_cost определяют, будет ли выполняться JIT-компиляция для запросов, и насколько ресурсоёмкой она может быть.

Параметр jit_provider определяет, какая реализация JIT-компиляции должна использоваться. Изменять его может потребоваться лишь в редких случаях. См. Подраздел 31.4.2.

Для целей отладки и разработки предназначен ряд дополнительных параметров конфигурации, описанных в Разделе 19.17.

31.4. Расширяемость

31.4.1. Поддержка встраивания кода для расширений

Механизм JIT в PostgreSQL может встраивать в код реализации функций (типа `C` и `internal`), а также операторов, использующих эти функции. Чтобы это встраивание выполнялось для функций в расширениях, должно быть доступно определение этих функций. При сборке с использованием PGXS расширения для сервера, скомпилированного с JIT-поддержкой LLVM, соответствующие файлы будут собираться и устанавливаться автоматически.

Соответствующие файлы должны устанавливаться в `$pkglibdir/bitcode/$extension/`, а информация о них должна вноситься в `$pkglibdir/bitcode/$extension.index.bc`, где `$pkglibdir` — каталог, который выдаёт команда `pg_config --pkglibdir`, а `$extension` — базовое имя разделяемой библиотеки данного расширения.

> **Примечание**
>
> Для функций, встроенных в PostgreSQL, двоичный код устанавливается в `$pkglibdir/bitcode/postgres`.

31.4.2. Подключаемые провайдеры JIT

PostgreSQL предоставляет реализацию JIT на базе LLVM. Интерфейс JIT предусматривает динамическое подключение провайдера и позволяет менять провайдер без перекомпиляции (хотя в настоящее время при сборке предоставляется поддержка встраивания только для LLVM). Провайдер выбирается параметром jit_provider.

31.4.2.1. Интерфейс провайдера JIT

Провайдер JIT загружается путём динамической загрузки заданной разделяемой библиотеки. Для поиска её используется обычный путь поиска библиотек. Чтобы предоставить требуемые функции-обработчики провайдера JIT и показать, что библиотека является реализацией провайдера JIT, она должна содержать функцию, имеющую в C имя `_PG_jit_provider_init`. Этой функции передаётся структура, которую нужно заполнить указателями на функции-обработчики определённых действий.

```
struct JitProviderCallbacks
{
    JitProviderResetAfterErrorCB reset_after_error;
    JitProviderReleaseContextCB release_context;
    JitProviderCompileExprCB compile_expr;
};

extern void _PG_jit_provider_init(JitProviderCallbacks *cb);
```

Глава 32. Регрессионные тесты

Регрессионные тесты представляют собой полный набор проверок реализации SQL в PostgreSQL. Они тестируют как стандартные SQL-операции, так и расширенные возможности PostgreSQL.

32.1. Выполнение тестов

Регрессионное тестирование можно выполнять как на уже установленном и работающем сервере, так и используя временную инсталляцию внутри дерева сборки. Более того, существуют «параллельный» и «последовательный» режимы тестирования. Последовательный метод выполняет каждый сценарий теста отдельно, тогда как параллельный метод запускает несколько процессов на сервере с тем, чтобы выполнить определённый набор тестов параллельно. Параллельное тестирование позволяет с уверенностью утверждать, что межпроцессное взаимодействие и блокировки работают корректно.

32.1.1. Запуск тестов на временной инсталляции

Чтобы запустить параллельное регрессионное тестирование после сборки, но до инсталляции, наберите:

```
make check
```

в каталоге верхнего уровня. (Или, как вариант, вы можете перейти в `src/test/regress` и выполнить команду там.) По завершении процесса вы должны увидеть нечто вроде:

```
=======================
 All 193 tests passed.
=======================
```

или список тестов, не пройденных успешно. Прочитайте Раздел 32.2, прежде чем делать вывод о серьёзности выявленных «проблем».

Поскольку данный метод тестирования выполняется на временном сервере, он не будет работать, если вы выполняете сборку под пользователем root, сервер просто не запустится из под root. Рекомендуется не делать сборку под пользователем root, если только вы не собираетесь проводить тестирование после завершения инсталляции.

Если вы сконфигурировали PostgreSQL для инсталляции там, где уже установлена предыдущая версия PostgreSQL, и выполняете `make check` до инсталляции новой версии, вы можете столкнуться с тем, что тестирование завершится сбоем, поскольку новая программа будет пытаться использовать уже установленные общие библиотеки. (Типичные признаки — предупреждения о неопределённых символах.) Если вы хотите провести тестирование до перезаписи старой инсталляции, выполните сборку с `configure --disable-rpath`. Однако этот вариант не рекомендуется для окончательной инсталляции.

Параллельное регрессионное тестирование запускает довольно много процессов под вашим именем пользователя. В настоящее время возможный максимум параллельной обработки составляет двадцать параллельных тестовых сценариев, а это означает сорок процессов: это и серверный процесс, и psql процесс для каждого тестового сценария. Поэтому если ваша система устанавливает ограничения на количество процессов для каждого пользователя, имеет смысл уточнить, что ваш лимит составляет не меньше пятидесяти процессов или около того. В противном случае вы столкнетесь с кажущимися случайными сбоями в параллельном тестировании. Если же вы не имеете права увеличить свой лимит процессов, вы можете снизить степень распараллеливания установкой параметра `MAX_CONNECTIONS`. Например:

```
make MAX_CONNECTIONS=10 check
```

выполняет не больше десяти тестов параллельно.

32.1.2. Запуск тестов для существующей инсталляции

Чтобы запустить тестирование после инсталляции (см. Главу 16), инициализируйте каталог данных и запустите сервер, как показано в Главе 18, потом введите:

```
make installcheck
```

или для параллельного тестирования:

```
make installcheck-parallel
```

Тестовые сценарии будут соединяться с сервером на локальном компьютере с номером порта по умолчанию, если иное не задано переменными среды `PGHOST` и `PGPORT`. Тестирование будет проведено в базе данных `regression`; любая существующая база с таким именем будет удалена.

Также тесты будут создавать для временного пользования объекты, общие для кластера, такие как роли, табличные пространства и подписки. Имена этих объектов будут начинаться с `regress_`. Остерегайтесь использования режима `installcheck` там, где такие имена могут иметь существующие глобальные объекты.

32.1.3. Дополнительные пакеты тестов

Команды `make check` и `make installcheck` запускают только «основные» регрессионные тесты, которые проверяют встроенную функциональность сервера PostgreSQL. Исходный дистрибутив содержит множество других пакетов тестов, большая часть которых имеет дело с дополнительной функциональностью, такой, как, например, дополнительные процедурные языки.

Чтобы запустить пакет тестов (включая основные) применительно к модулям, выбранным для построения, наберите одну из этих команд в каталоге верхнего уровня дерева сборки:

```
make check-world
make installcheck-world
```

Эти команды запускают тестирование, используя временный или уже установленный сервер, в соответствии с данным выше описанием для команд `make check` и `make installcheck`. Остальные детали соответствуют ранее изложенным объяснениям для каждого метода. Необходимо иметь в виду, что команда `make check-world` создаёт экземпляр кластера (временный каталог данных) для каждого тестировочного модуля, а это требует гораздо больше времени и дискового пространства, нежели команда `make installcheck-world`.

На современном компьютере с множеством процессорных ядер и операционной системой без жёстких ограничений тестирование можно многократно ускорить за счёт распараллеливания. Рецепт, которым на практике пользуются большинство разработчиков для ускоренного выполнения всех тестов, выглядит примерно так:

```
make check-world -j8 >/dev/null
```

Значение для `-j` обычно ограничивается количеством ядер или может быть немного больше. Подавление вывода в stdout избавляет от большого объёма сообщений, не представляющих интереса, когда нужно просто убедиться в успешности проверки. (В случае ошибки выводимые в stderr сообщения обычно дают достаточно информации для диагностики проблемы.)

В качестве альтернативного пути можно запустить индивидуальный пакет тестов, набрав `make check` или `make installcheck` в подходящем подкаталоге дерева сборки. Имейте в виду, что `make installcheck` предполагает, что вы уже установили соответствующие модули, а не только основной сервер.

Дополнительные тесты, которые можно активизировать таким способом:

- Регрессионные тесты для дополнительных процедурных языков. Эти тесты расположены в каталоге `src/pl`.
- Регрессионные тесты для модулей `contrib`, расположенные в каталоге `contrib`. Не для всех модулей из `contrib` существуют тесты.

- Регрессионные тесты для интерфейсных библиотек, расположенные в `src/interfaces/libpq/test` и `src/interfaces/ecpg/test`.
- Тесты для проверки встроенных в ядро методов проверки подлинности, расположенные в `src/test/authentication`. (Ниже описываются дополнительные тесты, связанные с проверкой подлинности.)
- Тесты для нагрузочного тестирования параллельных сеансов, расположенные в `src/test/isolation`.
- Тесты для проверки физической репликации и восстановления после сбоев, расположенные в `src/test/recovery`.
- Тесты для проверки логической репликации, расположенные в `src/test/subscription`.
- Тесты клиентских программ, расположенные в `src/bin`.

При использовании режима `installcheck` эти тесты будут создавать и удалять базы данных с именами, включающими слово `regression`, например `pl_regression` или `contrib_regression`. Остерегайтесь использования этого режима там, где имеются базы с такими именами, не предназначенные для тестирования.

Некоторые из этих дополнительных пакет тестов используют инфраструктуру TAP, описанную в Разделе 32.4. TAP-тесты выполняются, только когда PostgreSQL конфигурируется с ключом `--enable-tap-tests`. Этот ключ рекомендуется для разработки, но если подходящей инсталляции Perl нет, его можно опустить.

Некоторые пакеты не запускаются по умолчанию — одни потому, что выполнять их в многопользовательской системе небезопасно, а другие потому, что им требуется специальное программное обеспечение. Эти пакеты тестов можно включить дополнительно, присвоив переменной `PG_TEST_EXTRA` (это может быть переменная окружения или скрипта `make`) строку с их списком через пробел, например:

```
make check-world PG_TEST_EXTRA='kerberos ldap ssl'
```

В настоящее время поддерживаются следующие значения:

`kerberos`

: Запускает пакет тестов в подкаталоге `src/test/kerberos`. Эти тесты требуют наличия инсталляции MIT Kerberos и открывают сокеты TCP/IP для приёма соединений.

`ldap`

: Запускает пакет тестов в подкаталоге `src/test/ldap`. Эти тесты требуют наличия инсталляции OpenLDAP и открывают сокеты TCP/IP для приёма соединений.

`ssl`

: Запускает пакет тестов в подкаталоге `src/test/ssl`. Эти тесты открывают сокеты TCP/IP для приёма соединений.

Тесты функциональности, которая не поддерживается в текущей конфигурации сборки, не запускаются, даже если они указаны в `PG_TEST_EXTRA`.

Кроме того, в каталоге `src/test/modules` есть тесты, которые будут запускаться в режиме `make check-world`, но не в `make installcheck-world`. Это объясняется тем, что они имеют побочные эффекты или устанавливают расширения, неподходящие для производственной среды. По желанию вы можете выполнить `make install` или `make installcheck` в одном из его подкаталогов, но делать это с сервером, не предназначенным для тестирования, не рекомендуется.

32.1.4. Локаль и кодировка

По умолчанию, тесты, работающие на временной инсталляции, используют локаль, определённую в текущей среде и кодировку базы данных, заданную при выполнении `initdb`. Для тестирования различных локалей может оказаться полезным установить подходящие переменные среды, например:

```
make check LANG=C
make check LC_COLLATE=en_US.utf8 LC_CTYPE=ru_RU.utf8
```

Поддержка переменной `LC_ALL` в этом случае не реализована; все остальные переменные среды, относящиеся к локали, работают.

При тестировании на существующей инсталляции, локаль определяется имеющимся кластером базы данных и не может быть изменена для выполнения теста.

Вы можете задать кодировку базы данных в переменной `ENCODING`, например:

```
make check LANG=C ENCODING=EUC_JP
```

Установка кодировки базы данных таким образом имеет смысл только для локали C; в противном случае кодировка определяется автоматически из локали, и установка кодировки, не соответствующей локали, приведёт к ошибке.

Кодировка базы данных может быть установлена как для тестирования на временной, так и на существующей инсталляции, хотя в последнем случае она должна быть совместимой с локалью этой инсталляции.

32.1.5. Специальные тесты

Пакет основных регрессионных тестов содержит несколько тестовых файлов, которые не запускаются по умолчанию, поскольку они могут зависеть от платформы или выполняться слишком долго. Вы можете запустить те или иные дополнительные тесты, задав переменную `EXTRA_TESTS`. Например, запустить тест `numeric_big`:

```
make check EXTRA_TESTS=numeric_big
```

32.1.6. Тестирование сервера горячего резерва

Исходный дистрибутив также содержит регрессионные тесты для статического поведения сервера горячего резерва. Для выполнения тестов требуется работающий ведущий сервер и работающий резервный, принимающий новые записи WAL от ведущего (с использованием либо трансляции файлов журналов, либо потоковой репликации). Эти серверы не создаются автоматически, так же как и настройка репликации здесь не описана. Пожалуйста, сверьтесь с соответствующими разделами документации.

Для запуска тестов сервера горячего резерва необходимо создать базу данных `regression` на ведущем сервере:

```
psql -h primary -c "CREATE DATABASE regression"
```

Затем, на ведущем сервере в базе данных regression запустите предварительный скрипт `src/test/regress/sql/hs_primary_setup.sql` Например:

```
psql -h primary -f src/test/regress/sql/hs_primary_setup.sql regression
```

Убедитесь, что эти изменения распространились на резервный сервер.

Теперь, для выполнения теста, настройте, чтобы подключение по умолчанию выполнялось к резервному серверу (например, задав переменные среды `PGHOST` и `PGPORT`). И, наконец, запустите `make standbycheck` в каталоге регрессионных тестов:

```
cd src/test/regress
make standbycheck
```

Чтобы протестировать работу резервного сервера в некоторых экстремальных условиях, эти условия можно получить на главном, воспользовавшись скриптом `src/test/regress/sql/hs_primary_extremes.sql`.

32.2. Оценка результатов тестирования

Некоторые правильно установленные и полностью функциональные PostgreSQL инсталляции могут «давать сбой» при прохождении некоторых регрессионных тестов из-за особенностей, присущих той или иной платформе, таких как различное представление чисел с плавающей точкой и формулировкой сообщений. В настоящее время результаты тестов оцениваются простым `diff` сравнением с выводом, сделанным в эталонной системе, поэтому результаты чувствительны к небольшим отличиям между системами. Когда тест завершается со «сбоем», всегда исследуйте разницу между ожидаемым и полученным результатом; возможно, вы обнаружите, что разница не столь уж существенна. Тем не менее мы стремимся поддерживать эталонные файлы на всех поддерживаемых платформах, чтобы можно было ожидать прохождения всех тестов.

Актуальные итоговые результаты регрессионного тестирования хранятся в каталоге `src/test/regress/results`. Тестовый скрипт использует команду `diff`, чтобы сравнить каждый итоговый файл с ожидаемыми результатами, которые хранятся в каталоге `src/test/regress/expected`. Все различия сохраняются в `src/test/regress/regression.diffs` для последующей проверки. (Если проводился тест не из основного пакета, то его результаты появятся в соответствующем подкаталоге, а не в `src/test/regress`.)

Если вам не нравятся используемые по умолчанию аргументы `diff`, установите переменную среды `PG_REGRESS_DIFF_OPTS`, например `PG_REGRESS_DIFF_OPTS='-c'`. (Или, если хотите, запустите `diff` самостоятельно.)

Если по какой-то причине какая-то конкретная платформа генерирует «сбой» для отдельного теста, но изучение его результата убеждает вас, что результат правильный, вы можете добавить новый файл сравнения, чтобы замаскировать отчёт об ошибке для последующего прохождения теста. За подробностями обратитесь к Разделу 32.3.

32.2.1. Различия в сообщениях об ошибке

Некоторые регрессионные тесты подставляют заведомо неверные входные значения. Сообщения об ошибке могут выдаваться как PostgreSQL, так и самой операционной системой. В последнем случае форма сообщений может отличаться в зависимости от платформы, но отражают они одну и ту же информацию. Вот эта разница в сообщениях и приводит к «сбоям» регрессионного теста, которые можно устранить при проверке.

32.2.2. Разница локалей

Если вы проводите тестирование на сервере, который был установлен с локалью, имеющей порядок сопоставления, отличный от C, вы можете столкнуться с различиями в порядке сортировки и, как следствие, с последующими сбоями. Пакет регрессионных тестов решает эту проблему путём наличия альтернативных файлов результата, которые способны справиться с большим количеством локалей.

Если вы используете метод тестирования на временной инсталляции, то чтобы запустить тестирование на другой локали, используйте подходящую переменную среды, относящуюся к локали, в командной строке `make`, например:

```
make check LANG=de_DE.utf8
```

(Драйвер регрессионного теста обнуляет `LC_ALL`, поэтому выбор локали посредством данной переменной не работает.) Чтобы не использовать локаль, либо обнулите все переменные среды, относящиеся к локали, либо установите их в `C`) или используйте следующую специальную команду:

```
make check NO_LOCALE=1
```

Когда тест проходит на существующей инсталляции, установки локали определяются этой инсталляцией. Чтобы это изменить, инициализируйте кластер базы данных с иной локалью, передав соответствующие параметры `initdb`.

В целом, рекомендуется по возможности проводить регрессионные тесты при таких установках локали, которые будут использованы в работе, тогда в результате тестирования будут проверены актуальные участки кода, относящиеся к локали и кодировке. В зависимости от окружения операционной системы, вы можете столкнуться со сбоями, но вы хотя бы будете знать, какого поведения локали можно ожидать при работе с реальными приложениями.

32.2.3. Разница в дате и времени

Большая часть результатов проверки даты и времени зависит от часового пояса окружения. Эталонные файлы созданы для пояса `America/Los_Angeles`, поэтому если проводить тесты не с этим часовым поясом, проявятся мнимые ошибки. Драйвер регрессионного теста задаёт переменную среды `PGTZ` как `America/Los_Angeles`, что позволяет получить корректный результат.

32.2.4. Разница в числах с плавающей точкой

Некоторые тесты применяют 64-битное вычисление чисел с плавающей точкой (`double precision`) из столбцов таблицы. Наблюдаются различия в результатах при использовании математических функций для столбцов `double precision`. Тесты `float8` и `geometry` особенно чувствительны к небольшим различиям между платформами и даже режимами оптимизации компилятора. Чтобы понять реальную значимость этих различий, нужно сравнить их глазами, поскольку обычно они располагаются с десятого разряда справа от десятичной точки.

Некоторые системы показывают минус ноль как `-0`, тогда как другие показывают просто `0`.

Некоторые системы сигнализируют об ошибках в `pow()` и `exp()` не так, как ожидает текущий код PostgreSQL.

32.2.5. Разница в сортировке строк

Иногда наблюдаются различия в том, что одни и те же строки выводятся в ином порядке, нежели в контрольном файле. В большинстве случаев это не является, строго говоря, ошибкой. Основная часть скриптов регрессионных тестов не столь педантична, чтобы использовать `ORDER BY` для каждого `SELECT`, и поэтому в результате порядок строк не гарантирован согласно спецификации SQL. На практике мы видим, как одинаковые запросы, выполняемые для одних и тех же данных на одном и том же программном обеспечении, выдают результаты в одинаковом порядке для всех платформ, в связи с чем отсутствие `ORDER BY` не является проблемой. Однако некоторые запросы выявляют межплатформенные различия в сортировке. Когда тестирование идет на уже установленном сервере, различия в сортировке могут быть следствием того, что локаль установлена в отличное от C значение, или некоторые параметры заданы не по умолчанию, такие как `work_mem` или стоимостные параметры планировщика.

Поэтому, если вы видите различия в сортировке строк, не стоит волноваться, если только запрос не использует `ORDER BY`. Тем не менее сообщайте нам о таких случаях, чтобы мы могли добавить `ORDER BY` в конкретный запрос, чтобы исключить возможность ошибки в будущих релизах.

Вы можете задать вопрос, почему мы явно не добавили `ORDER BY` во все запросы регрессионных тестов, чтобы избавиться от таких ошибок раз и навсегда. Причина в том, что это снизит полезность регрессионных тестов, поскольку они будут иметь тенденцию к проверке планов запросов использующих сортировку, за счёт исключения запросов без сортировки.

32.2.6. Недостаточная глубина стека

Если `ошибки` теста приводят к поломке сервера при выполнении команды `select infinite_recurse()`, это означает, что предел платформы для размера стека меньше, чем показывает параметр max_stack_depth. Проблема может быть решена запуском сервера с большим размером стека (рекомендованное значение `max_stack_depth` по умолчанию - 4 Мб). Если вы не можете этого сделать, в качестве альтернативы уменьшите значение `max_stack_depth`.

На платформах, поддерживающих функцию `getrlimit()`, сервер должен автоматически выбирать значение переменной `max_stack_depth`; поэтому, если вы не переписывали это значение вручную, сбой такого типа — просто дефект, который нужно зарегистрировать.

32.2.7. Тест «случайных значений»

Тестовый скрипт `random` подразумевает получение случайных значений. В очень редких случаях это приводит к сбоям в регрессионном тестировании. Выполнение

```
diff results/random.out expected/random.out
```

должно выводить одну или несколько строк различий. Нет причин для беспокойства, до тех пор пока сбои в этом тесте не повторяются постоянно.

32.2.8. Параметры конфигурации

Когда тестирование проходит на существующей инсталляции, некоторые нестандартные значения параметров могут привести к сбоям в тесте. Например, изменение таких параметров конфигурации, как `enable_seqscan` или `enable_indexscan` могут привести к такому изменению системы, которое сможет воздействовать на результаты тестов, использующих `EXPLAIN`.

32.3. Вариативные сравнительные файлы

Поскольку некоторые тесты по сути выдают результаты, зависящие от окружения, мы предлагаем несколько вариантов «ожидаемых» файлов результата. Каждый регрессионный тест может иметь несколько сравнительных файлов, показывающих возможные результаты на разных платформах. Существует два независимых механизма для определения, какой именно сравнительный файл будет выбран для каждого теста.

Первый механизм позволяет выбирать сравнительный файл для конкретной платформы. Есть файл сопоставления `src/test/regress/resultmap`, в котором определяется, какой сравнительный файл выбирать для каждой платформы. Чтобы устранить ложные «сбои» тестирования для конкретной платформы, для начала вы должны выбрать или создать вариант сравнительного файла, а потом добавить строку в файл `resultmap`.

Каждая строка в файле сопоставления выглядит как

```
testname:output:platformpattern=comparisonfilename
```

Имя теста (`testname`) здесь - просто название конкретного модуля регрессионного теста. Значение `output` показывает, вывод какого файла проверять. Для стандартного регрессионного теста это всегда `out`. Значение соответствует расширению выходного файла. `platformpattern` представляет собой шаблон в стиле Unix-утилиты `expr` (т. е. регулярное выражение с неявным ^ якорем в начале). Этот шаблон сравнивается с именем платформы, которое выводится из `config.guess`. `comparisonfilename` это имя сравнительного файла, который будет использован.

Например, в некоторых системах нет функции `strtof` или она работает некорректно, а с нашей заменой для неё возникают ошибки округления в регрессионном тесте `float4`. Поэтому мы предлагаем вариант сравниваемого файла `float4-misrounded-input.out`, который содержит результаты, ожидаемые в таких системах. Чтобы замаскировать сообщение о ложном «сбое» на платформах HP-UX 10, файл `resultmap` содержит:

```
float4:out:hppa.*-hp-hpux10.*=float4-misrounded-input.out
```

Указанный файл будет выбран в системе, в которой результат `config.guess` совпадёт с `hppa.*-hp-hpux10.*`. В других строках `resultmap` могут выбираться варианты сравниваемых файлов для других платформ, если это требуется.

Второй механизм выбора более автоматический: он просто выбирает «подходящую пару» из нескольких предлагаемых сравнительных файлов. Драйвер скрипта регрессионного теста рассматривает стандартный сравнительный файл для теста, *`имя_теста`*`.out`, вариативный файл *`имя_теста_цифра`*`.out` (где *`цифра`* любое однозначное число от `0` до `9`). Если какой-нибудь из этих файлов полностью совпадает, тест считается пройденным. В противном случае для отчёта об ошибке выбирается файл с наименьшим различием. (Если в `resultmap` есть запись для конкретного теста, *`имя_теста`* будет заменено именем, полученным из файла `resultmap`.)

Например, для теста `char` сравнительный файл `char.out` содержит результаты, ожидаемые для локалей `C` и `POSIX`, тогда как файл `char_1.out` содержит результаты, характерные для многих других локалей.

Механизм «лучшей пары» был разработан, чтобы справляться с результатами, зависящими от локали, но он может применяться в любой ситуации, когда сложно предсказать результаты, исходя только из названия платформы. Ограниченность этого метода проявляется лишь в том, что драйвер теста не может сказать, какой вариант правилен для данного окружения; просто выбирается вариант, который кажется наиболее подходящим. Поэтому безопаснее всего использовать этот метод только для вариативных результатов, которые вы хотели бы видеть одинаково надёжными для любого контекста.

32.4. TAP-тесты

Различные тесты, особенно тесты клиентских программ в `src/bin`, используют инструменты Perl TAP и запускаются программой тестирования Perl `prove`. Вы можете передать аргументы командной строки команде `prove`, установив для `make` переменную `PROVE_FLAGS`, например:

```
make -C src/bin check PROVE_FLAGS='--timer'
```

За дополнительными сведениями обратитесь к странице руководства по `prove`.

В переменной `PROVE_TESTS`, которую воспринимает `make`, может быть указан список разделённых пробелами путей, заданных относительно расположения `Makefile`, вызывающего `prove`. Этот список определяет подмножество тестов для выполнения, вместо всех по умолчанию (`t/*.pl`). Например:

```
make check PROVE_TESTS='t/001_test1.pl t/003_test3.pl'
```

TAP-тесты требуют модуля Perl `IPC::Run`. Этот модуль можно найти в CPAN или в пакете операционной системы. Для их выполнения также требуется сконфигурировать PostgreSQL с параметром `--enable-tap-tests`.

Вообще говоря, TAP-тесты при выполнении `make installcheck` тестируют исполняемые файлы в ранее созданном дереве инсталляции, а при `make check` строят локальное дерево инсталляции из текущего исходного кода. В любом случае для тестирования инициализируется локальный экземпляр (каталог данных), и в нём временно запускается сервер. Для некоторых тестов могут запускаться и несколько серверов. Таким образом, эти тесты могут быть весьма ресурсоёмкими.

Важно понимать, что TAP-тесты запускают тестовый сервер (серверы), даже когда вы даёте команду `make installcheck`; этим они отличаются от обычных тестов, не в инфраструктуре TAP, которые в таком режимы рассчитаны на использование уже работающего сервера. В некоторых подкаталогах в дереве PostgreSQL TAP-тесты соседствуют с традиционными, что означает, что в результате `make installcheck` будут получены смешанные результаты от временных серверов и от уже работающего тестового сервера.

32.5. Определение покрытия кода тестами

Исходный код PostgreSQL может быть скомпилирован с инструментарием определения покрытия, чтобы узнать, какие части кода покрываются регрессионными тестами или другими пакетами тестов, выполняемыми в дереве кода. В настоящее время эта возможность поддерживается в случае использования компилятора GCC и требует наличия `gcov` и `lcov` программ.

Типичный рабочий процесс выглядит так:

```
./configure --enable-coverage ... OTHER OPTIONS ...
make
make check # или другой пакет тестов
make coverage-html
```

Затем откройте в своём HTML-браузере страницу `coverage/index.html`. Команды `make` работают и в подкаталогах.

Если у вас нет программы `lcov` или вы предпочитаете HTML-отчёту текстовый формат, вы можете также выполнить

```
make coverage
```

вместо `make coverage-html` и получить выходные файлы `.gcov` для каждого исходного файла, относящегося к тесту. (Команды `make coverage` и `make coverage-html` перезаписывают файлы друг друга, поэтому при одновременном их использовании может возникнуть путаница.)

Чтобы обнулить подсчёт выполнений между тестами, запустите:

```
make coverage-clean
```

Часть IV. Клиентские интерфейсы

В этой части документации описываются клиентские программные интерфейсы, включённые в дистрибутив PostgreSQL. Все включённые в неё главы можно читать по отдельности. Заметьте, что существует множество других программных интерфейсов, со своей документацией (некоторые наиболее популярные перечислены в Приложении H). Для изучения этой части нужно уметь работать с базой данных, используя команды SQL (см. Часть II), и, конечно же, знать язык программирования, на который ориентирован определённый интерфейс.

Глава 33. libpq — библиотека для языка C

libpq — это интерфейс PostgreSQL для программирования приложений на языке C. Библиотека libpq содержит набор функций, используя которые клиентские программы могут передавать запросы серверу PostgreSQL и принимать результаты этих запросов.

libpq также является базовым механизмом для нескольких других прикладных интерфейсов PostgreSQL, включая те, что написаны для C++, Perl, Python, Tcl и ECPG. Поэтому некоторые аспекты поведения libpq будут важны для вас, если вы используете один из этих пакетов. В частности, Раздел 33.14, Раздел 33.15 и Раздел 33.18 описывают поведение, видимое пользователю любого приложения, использующего libpq.

В конце этой главы приведены короткие программы (Раздел 33.21), показывающие, как использовать libpq в своих программах. В каталоге `src/test/examples` дистрибутивного комплекта исходных текстов приведено несколько завершённых примеров приложений libpq.

Клиентские программы, которые используют libpq, должны включать заголовочный файл `libpq-fe.h`и должны компоноваться с библиотекой libpq.

33.1. Функции управления подключением к базе данных

Следующие функции имеют дело с созданием подключения к серверу PostgreSQL. Прикладная программа может иметь несколько подключений к серверу, открытых одновременно. (Одна из причин этого заключается в необходимости доступа к более чем одной базе данных.) Каждое соединение представляется объектом `PGconn`, который можно получить от функции `PQconnectdb`, `PQconnectdbParams` или `PQsetdbLogin`. Обратите внимание, что эти функции всегда возвращают ненулевой указатель на объект, кроме случая, когда не остаётся свободной памяти даже для объекта `PGconn`. Прежде чем передавать запросы через объект подключения, следует вызвать функцию `PQstatus` для проверки возвращаемого значения в случае успешного подключения.

> **Предупреждение**
>
> Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Для этого можно присвоить параметру с ключом `options` значение `-csearch_path=`. Также можно выполнить `PQexec(`*соединение*`, "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)")` после подключения. Это касается не только psql, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

> **Предупреждение**
>
> В системе Unix создание дочернего процесса на основе процесса, уже имеющего открытые подключения с помощью libpq, может привести к непредсказуемым результатам, потому что родительский и дочерний процессы совместно используют одни и те же сокеты и ресурсы операционной системы. По этой причине подобный подход не рекомендуется. Однако использование системного вызова `exec` из дочернего процесса для загрузки нового исполняемого файла является безопасным.

`PQconnectdbParams`

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQconnectdbParams(const char * const *keywords,
```

```
                                    const char * const *values,
                                    int expand_dbname);
```

Эта функция открывает новое соединение с базой данных, используя параметры, содержащиеся в двух массивах, завершающихся символом NULL. Первый из них, keywords, определяется как массив строк, каждая из которых представляет собой ключевое слово. Второй, values, даёт значение для каждого ключевого слова. В отличие от функции PQsetdbLogin, описываемой ниже, её набор параметров может быть расширен без изменения сигнатуры функции, поэтому при разработке новых приложений предпочтительнее использовать данную функцию (или её неблокирующие аналоги PQconnectStartParams и PQconnectPoll).

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, приведены в Подразделе 33.1.2.

Передаваемые массивы могут быть пустыми (в этом случае будут использоваться все параметры по умолчанию) или содержать одно или несколько имён/значений параметров. При этом они должны быть одинаковой длины. Просмотр массивов завершается, как только в массиве keywords встречается NULL. Если элемент массива values, соответствующий отличному от NULL элементу keywords, содержит пустую строку или NULL, такой параметр пропускается и просматривается следующая пара элементов массива.

Когда expand_dbname имеет ненулевое значение, первый параметр *dbname* может содержать *строку подключения*. В этом случае она «разворачивается» в отдельные параметры подключения, извлечённые из этой строки. Значение считается строкой подключения, а не просто именем базы данных, если оно содержит знак равно (=) или начинается с обозначения схемы URI. (Подробнее форматы строк подключения описаны в Подразделе 33.1.1.) Таким способом обрабатывается только первое вхождение *dbname*, следующие параметры *dbname* будут восприниматься как просто имя базы данных.

Как правило, массивы параметров обрабатываются от начала к концу. Если какой-либо параметр указывается неоднократно, использоваться будет последнее значение (отличное от NULL и непустое). Это справедливо, в частности, и тогда, когда ключевое слово, заданное в строке подключения, конфликтует с заданным в массиве keywords. Таким образом, программист может по своему усмотрению решить, будут ли значения в массиве переопределять значения, заданными в строке подключения, или переопределяться ими. Элементы массива, предшествующие развёрнутому значению *dbname*, могут быть переопределены значениями в строке подключения, которые в свою очередь переопределяются элементами массива, следующими после *dbname* (и в этом случае речь идёт о непустых значениях).

После разбора всех элементов массива и развёрнутой строки подключения (если она задана), параметры подключения, которые остались незаданными, получают значения по умолчанию. Если незаданному параметру соответствует установленная переменная окружения (см. Раздел 33.14), будет использоваться её значение. Если такая переменная не задана, для параметра будет использоваться встроенное значение по умолчанию.

PQconnectdb

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQconnectdb(const char *conninfo);
```

Эта функция открывает новое соединение с базой данных, используя параметры, полученные из строки conninfo.

Передаваемая строка может быть пустой. В этом случае используются все параметры по умолчанию. Она также может содержать одно или более значений параметров, разделённых пробелами, или URI. За подробностями обратитесь к Подразделу 33.1.1.

PQsetdbLogin

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQsetdbLogin(const char *pghost,
                     const char *pgport,
                     const char *pgoptions,
                     const char *pgtty,
                     const char *dbName,
                     const char *login,
                     const char *pwd);
```

Это предшественница функции `PQconnectdb` с фиксированным набором параметров. Она имеет такую же функциональность, за исключением того, что отсутствующие параметры всегда принимают значения по умолчанию. Подставьте `NULL` или пустую строку в качестве любого из фиксированных параметров, которые должны принять значения по умолчанию.

Если параметр *dbName* содержит знак = или имеет допустимый префикс URI для подключения, то он воспринимается в качестве строки *conninfo* точно таким же образом, как если бы он был передан функции `PQconnectdb`, а оставшиеся параметры применяются, как указано для `PQconnectdbParams`.

`PQsetdb`

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQsetdb(char *pghost,
                char *pgport,
                char *pgoptions,
                char *pgtty,
                char *dbName);
```

Это макрос, который вызывает `PQsetdbLogin` с нулевыми указателями в качестве значений параметров *login* и *pwd*. Обеспечивает обратную совместимость с очень старыми программами.

`PQconnectStartParams`
`PQconnectStart`
`PQconnectPoll`

Создают подключение к серверу баз данных неблокирующим способом.

```
PGconn *PQconnectStartParams(const char * const *keywords,
                             const char * const *values,
                             int expand_dbname);

PGconn *PQconnectStart(const char *conninfo);

PostgresPollingStatusType PQconnectPoll(PGconn *conn);
```

Три эти функции используются для того, чтобы открыть подключение к серверу баз данных таким образом, чтобы поток исполнения вашего приложения не был заблокирован при выполнении удалённой операции ввода/вывода в процессе подключения. Суть этого подхода в том, чтобы ожидание завершения операций ввода/вывода могло происходить в главном цикле приложения, а не внутри функций `PQconnectdbParams` или `PQconnectdb`, с тем, чтобы приложение могло управлять этой операцией параллельно с другой работой.

С помощью функции `PQconnectStartParams` подключение к базе данных выполняется, используя параметры, взятые из массивов `keywords` и `values`, а управление осуществляется с помощью `expand_dbname`, как описано выше для `PQconnectdbParams`.

С помощью функции `PQconnectStart` подключение к базе данных выполняется, используя параметры, взятые из строки `conninfo`, как описано выше для `PQconnectdb`.

Ни `PQconnectStartParams`, ни `PQconnectStart`, ни `PQconnectPoll` не заблокируются до тех пор, пока выполняется ряд ограничений:

- Параметр hostaddr должен использоваться так, чтобы для разрешения заданного имени не требовалось выполнять запросы DNS. Подробнее этот параметр описан в Подразделе 33.1.2.
- Если вы вызываете PQtrace, сделайте так, чтобы поток, в который выводится трассировочная информация, не заблокировался.
- Перед вызовом PQconnectPoll вы должны перевести сокет в соответствующее состояние, как описано ниже.

Чтобы начать неблокирующий запрос на подключение, вызовите PQconnectStart или PQconnectStartParams. Если результатом будет null, значит libpq не смогла выделить память для новой структуры PGconn. В противном случае возвращается действительный указатель PGconn (хотя он ещё не представляет установленное подключение к базе данных). Затем вызовите PQstatus(conn). Если результатом будет CONNECTION_BAD, значит попытка подключения уже не будет успешной, возможно, из-за неверных параметров.

Если вызов PQconnectStart или PQconnectStartParams оказался успешным, теперь нужно опросить libpq для продолжения процедуры подключения. Вызовите PQsocket(conn) для получения дескриптора нижележащего сокета, через который устанавливается соединение. (Внимание: этот сокет может меняться от вызова к вызову PQconnectPoll.) Организуйте цикл таким образом: если PQconnectPoll(conn) при последнем вызове возвращает PGRES_POLLING_READING, ожидайте, пока сокет не окажется готовым для чтения (это покажет функция select(), poll() или подобная системная функция). Затем снова вызовите PQconnectPoll(conn). Если же PQconnectPoll(conn) при последнем вызове возвратила PGRES_POLLING_WRITING, дождитесь готовности сокета к записи, а затем снова вызовите PQconnectPoll(conn). На первой итерации, то есть когда вы ещё не вызывали PQconnectPoll, реализуйте то же поведение, что и после получения PGRES_POLLING_WRITING. Продолжайте этот цикл, пока PQconnectPoll(conn) не выдаст значение PGRES_POLLING_FAILED, сигнализирующее об ошибке при установлении соединения, или PGRES_POLLING_OK, показывающее, что соединение установлено успешно.

В любое время в процессе подключения его состояние можно проверить, вызвав PQstatus. Если этот вызов возвратит CONNECTION_BAD, значит, процедура подключения завершилась сбоем; если вызов возвратит CONNECTION_OK, значит, соединение готово. Оба эти состояния можно определить на основе возвращаемого значения функции PQconnectPoll, описанной выше. Другие состояния могут также иметь место в течение (и только в течение) асинхронной процедуры подключения. Они показывают текущую стадию процедуры подключения и могут быть полезны, например, для предоставления обратной связи пользователю. Вот эти состояния:

CONNECTION_STARTED

Ожидание, пока соединение будет установлено.

CONNECTION_MADE

Соединение установлено; ожидание отправки.

CONNECTION_AWAITING_RESPONSE

Ожидание ответа от сервера.

CONNECTION_AUTH_OK

Аутентификация получена; ожидание завершения запуска серверной части.

CONNECTION_SSL_STARTUP

Согласование SSL-шифрования.

CONNECTION_SETENV

Согласование значений параметров, зависящих от программной среды.

`CONNECTION_CHECK_WRITABLE`

Проверка, можно ли через подключение выполнять пишущие транзакции.

`CONNECTION_CONSUME`

Прочтение всех оставшихся ответных сообщений через подключение.

Заметьте, что, хотя эти константы и сохранятся (для поддержания совместимости), приложение никогда не должно полагаться на то, что они появятся в каком-то конкретном порядке или вообще появятся, а также на то, что состояние всегда примет одно из этих документированных значений. Приложение может сделать что-то наподобие:

```
switch(PQstatus(conn))
{
        case CONNECTION_STARTED:
            feedback = "Подключение...";
            break;

        case CONNECTION_MADE:
            feedback = "Подключён к серверу...";
            break;
.
.
.
        default:
            feedback = "Подключение...";
}
```

Параметр подключения `connect_timeout` игнорируется, когда используется `PQconnectPoll`; именно приложение отвечает за принятие решения о том, является ли истекшее время чрезмерным. В противном случае вызов `PQconnectStart` с последующим вызовом `PQconnectPoll` в цикле будут эквивалентны вызову `PQconnectdb`.

Заметьте, что когда функция `PQconnectStart` или `PQconnectStartParams` возвращает ненулевой указатель, вы должны вызвать `PQfinish`, закончив его использование, чтобы освободить полученную структуру и все связанные с ней блоки памяти. Это нужно сделать, даже если попытка подключения оказалась неудачной или подключение не потребовалось.

`PQconndefaults`

Возвращает значения по умолчанию для параметров подключения.

```
PQconninfoOption *PQconndefaults(void);

typedef struct
{
    char   *keyword;   /* Ключевое слово для данного параметра */
    char   *envvar;    /* Имя альтернативной переменной окружения */
    char   *compiled;  /* Альтернативное значение по умолчанию, назначенное при
 компиляции */
    char   *val;       /* Текущее значение параметра или NULL */
    char   *label;     /* Обозначение этого поля в диалоге подключения */
    char   *dispchar;  /* Показывает, как отображать это поле
                          в диалоге подключения. Значения следующие:
                          ""        Отображать введённое значение "как есть"
                          "*"       Поле пароля — скрывать значение
                          "D"       Параметр отладки — не показывать по умолчанию */
    int     dispsize;  /* Размер поля в символах для диалога */
} PQconninfoOption;
```

Возвращает массив параметров подключения. Он может использоваться для определения всех возможных параметров PQconnectdb и их текущих значений по умолчанию. Возвращаемое значение указывает на массив структур PQconninfoOption, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель keyword. Если выделить память не удалось, то возвращается нулевой указатель. Обратите внимание, что текущие значения по умолчанию (поля val) будут зависеть от переменных среды и другого контекста. Отсутствующий или неверный файл служб будет просто проигнорирован. Вызывающие функции должны рассматривать данные параметров подключения как данные только для чтения.

После обработки массива параметров освободите память, передав его функции PQconninfoFree. Если этого не делать, то при каждом вызове функции PQconndefaults будет теряться небольшой объём памяти.

PQconninfo

Возвращает параметры подключения, используемые действующим соединением.

```
PQconninfoOption *PQconninfo(PGconn *conn);
```

Возвращает массив параметров подключения. Он может использоваться для определения всех возможных параметров PQconnectdb и значений, которые были использованы для подключения к серверу. Возвращаемое значение указывает на массив структур PQconninfoOption, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель keyword. Все замечания, приведённые выше для PQconndefaults, также справедливы и для результата PQconninfo.

PQconninfoParse

Возвращает разобранные параметры подключения, переданные в строке подключения.

```
PQconninfoOption *PQconninfoParse(const char *conninfo, char **errmsg);
```

Разбирает строку подключения и возвращает результирующие параметры в виде массива; возвращает NULL, если возникают проблемы при разборе строки подключения. Эту функцию можно использовать для извлечения параметров функции PQconnectdb из предоставленной строки подключения. Возвращаемое значение указывает на массив структур PQconninfoOption, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель keyword.

Все разрешённые параметры будут присутствовать в результирующем массиве, но PQconninfoOption для любого параметра, не присутствующего в строке подключения, будет иметь значение NULL в поле val; значения по умолчанию не подставляются.

Если errmsg не равно NULL, тогда в случае успеха *errmsg присваивается NULL, а в противном случае -- адрес строки сообщения об ошибке, объясняющего проблему. Память для этой строки выделяет функция malloc. (Также возможна ситуация, когда *errmsg будет установлено в NULL, и при этом функция возвращает NULL. Это указывает на нехватку памяти.)

После обработки массива параметров освободите память, передав его функции PQconninfoFree. Если этого не делать, некоторое количество памяти будет теряться при каждом вызове PQconninfoParse. Если же произошла ошибка и errmsg, указывающий на строку сообщения об ошибке, не равен NULL, не забудьте освободить память с этой строкой, вызвав PQfreemem.

PQfinish

Закрывает соединение с сервером. Также освобождает память, используемую объектом PGconn.

```
void PQfinish(PGconn *conn);
```

Обратите внимание, что даже если попытка подключения к серверу потерпела неудачу (как показывает PQstatus), приложение все равно должно вызвать PQfinish, чтобы освободить память, используемую объектом PGconn. Указатель PGconn не должен использоваться повторно после того, как была вызвана функция PQfinish.

PQreset

Переустанавливает канал связи с сервером.

```
void PQreset(PGconn *conn);
```

Эта функция закроет подключение к серверу, а потом попытается установить новое подключение, используя все те же параметры, которые использовались прежде. Это может быть полезным для восстановления после ошибки, если работающее соединение было разорвано.

PQresetStart
PQresetPoll

Переустанавливает канал связи с сервером неблокирующим способом.

```
int PQresetStart(PGconn *conn);

PostgresPollingStatusType PQresetPoll(PGconn *conn);
```

Эти функции закроют подключение к серверу, а потом попытаются установить новое подключение, используя все те же параметры, которые использовались прежде. Это может быть полезным для восстановления после ошибки, если работающее соединение оказалось потерянным. Они отличаются от PQreset (см. выше) тем, что действуют неблокирующим способом. На эти функции налагаются те же ограничения, что и на PQconnectStartParams, PQconnectStart и PQconnectPoll.

Чтобы произвести переподключение, вызовите PQresetStart. Если она возвратит 0, значит при переподключении произошла ошибка. Если она возвратит 1, опросите результат операции, используя PQresetPoll, таким же образом, как это делается с помощью PQconnectPoll при обычном установления соединения.

PQpingParams

PQpingParams сообщает состояние сервера. Она принимает параметры подключения, идентичные тем, что получает функция PQconnectdbParams, описанная выше. Нет необходимости предоставлять корректные имя пользователя, пароль или имя базы данных, чтобы получить состояние сервера. Но если будут предоставлены некорректные значения, сервер зафиксирует в журнале неудачную попытку подключения.

```
PGPing PQpingParams(const char * const *keywords,
                    const char * const *values,
                    int expand_dbname);
```

Функция возвращает одно из следующих значений:

PQPING_OK

Сервер работает и, по-видимому, принимает подключения.

PQPING_REJECT

Сервер работает, но находится в состоянии, которое запрещает подключения (запуск, завершение работы или восстановление после аварийного отказа).

PQPING_NO_RESPONSE

Контакт с сервером не удался. Это может указывать на то, что сервер не запущен или что-то не в порядке с параметрами данного подключения (например, неверный номер порта), или имеет место проблема с возможностью соединения по сети (например, брандмауэр блокирует запрос на подключение).

PQPING_NO_ATTEMPT

Никакой попытки установить контакт с сервером сделано не было, поскольку предоставленные параметры были явно некорректными, или имела место какая-то проблема на стороне клиента (например, нехватка памяти).

`PQping`

`PQping` сообщает состояние сервера. Она принимает параметры подключения, идентичные тем, что получает функция `PQconnectdb`, описанная выше. Нет необходимости предоставлять корректные имя пользователя, пароль или имя базы данных, чтобы получить состояние сервера. Но если будут предоставлены некорректные значения, сервер зафиксирует в журнале неудачную попытку подключения.

```
PGPing PQping(const char *conninfo);
```

Возвращаемые значения такие же, как и для `PQpingParams`.

`PQsetSSLKeyPassHook_OpenSSL`

`PQsetSSLKeyPassHook_OpenSSL` позволяет приложению переопределить реализованный в `libpq` стандартный вариант обработки файлов с зашифрованными ключами клиентских сертификатов, используя sslpassword или интерактивное приглашение.

```
void PQsetSSLKeyPassHook_OpenSSL(PQsslKeyPassHook_OpenSSL_type hook);
```

Приложение передаёт указатель на функцию-обработчик со следующей сигнатурой:

```
int callback_fn(char *buf, int size, PGconn *conn);
```

Эту функцию `libpq` будет вызывать *вместо* своего стандартного обработчика `PQdefaultSSLKeyPassHook_OpenSSL`. Данная функция должна получить пароль для ключа и скопировать его в результирующий буфер `buf` размера `size`. Строка в `buf` должна завершаться нулём. В результате эта функция должна выдать длину пароля, сохранённого в `buf`, не считая завершающего нуля. В случае ошибки она должна установить `buf[0] = '\0'` и выдать 0. В качестве примера взгляните на реализацию `PQdefaultSSLKeyPassHook_OpenSSL` в исходном коде `libpq`.

Если пользователь задал размещение ключа явно, заданный путь будет передан при вызове этого обработчика в `conn->sslkey`. Это поле будет пустым, если используется путь к ключу по умолчанию. Что касается ключей, специфичных для модулей OpenSSL, для них модули могут по своему усмотрению получать пароль через стандартный обработчик OpenSSL или через свой собственный.

Пользовательский обработчик может полностью переопределить функцию `PQdefaultSSLKeyPassHook_OpenSSL`, либо делегировать ей необрабатываемые им случаи, либо сначала вызывать её и предпринимать какие-то другие действия, если она возвратит 0.

Этот обработчик *не должен* нарушать обычный ход выполнения, выбрасывая исключения, вызывая `longjmp(...)` и т. п. Он должен завершиться нормально.

`PQgetSSLKeyPassHook_OpenSSL`

`PQgetSSLKeyPassHook_OpenSSL` возвращает текущий обработчик пароля для ключа клиентского сертификата либо `NULL`, если такой обработчик не установлен.

```
PQsslKeyPassHook_OpenSSL_type PQgetSSLKeyPassHook_OpenSSL(void);
```

33.1.1. Строки параметров подключения

Ряд функций libpq разбирают заданную пользователем строку для извлечения параметров подключения. Есть два принятых формата этих строк: простая строка ключ/значение и URI. Строки URI в основном соответствуют *RFC 3986*, но могут содержать также строки подключения с несколькими узлами, как описано ниже.

33.1.1.1. Строки параметров подключения вида «ключ/значение»

Согласно формату ключ/значение, установка каждого параметра выполняется в форме *`ключ = значение`*, с пробелами между параметрами. Пробелы вокруг знака равенства не являются обязательными. Для записи пустого значения или значения, содержащего пробелы, заключите его в одинарные кавычки, например, `keyword = 'a value'`. Одинарные кавычки и символы обратной косой черты внутри значения нужно обязательно экранировать с помощью символа обратной косой черты, т. е., `\'` и `\\`.

Пример:

```
host=localhost port=5432 dbname=mydb connect_timeout=10
```

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, приведены в Подразделе 33.1.2.

33.1.1.2. URI для подключения

Основная форма URI подключения:

```
postgresql://[пользователь@][сервер][/база_данных][?указание_параметра]

где пользователь:

имя_пользователя[:пароль]

и сервер:

[узел][:порт][,...]

и указание_параметра:

имя=значение[&...]
```

В качестве обозначения схемы URI может использоваться `postgresql://` или `postgres://`. Остальные части URI являются необязательными. В следующих примерах показан допустимый синтаксис URI:

```
postgresql://
postgresql://localhost
postgresql://localhost:5433
postgresql://localhost/mydb
postgresql://user@localhost
postgresql://user:secret@localhost
postgresql://other@localhost/otherdb?connect_timeout=10&application_name=myapp
postgresql://host1:123,host2:456/somedb?target_session_attrs=any&application_name=myapp
```

Значения, которые обычно задаются в иерархической части URI, также можно задать в именованных параметрах. Например:

```
postgresql:///mydb?host=localhost&port=5433
```

Все именованные параметры должны соответствовать ключевым словам, перечисленным в Подраздел 33.1.2, за исключением того, что вхождения `ssl=true` заменяются на `sslmode=require` для совместимости с URI-строками JDBC.

Если URI подключения содержит в какой-либо из частей символы со специальным значением, он должен кодироваться в *формате с процентами*. Например, так выглядит URI, в котором знак равно (=) заменён на `%3D`, а знак пробела — на `%20`:

```
postgresql://user@localhost:5433/mydb?options=-c%20synchronous_commit%3Doff
```

Сервер можно представить либо сетевым именем, либо IP-адресом. При использовании протокола IPv6 нужно заключить адрес в квадратные скобки:

```
postgresql://[2001:db8::1234]/database
```

Часть `host` интерпретируется в соответствии с описанием параметра host. Так, если эта часть строки пуста или выглядит как абсолютный путь, выбирается соединение через Unix-сокеты, в противном случае инициируется соединение по TCP/IP. Учтите однако, что символ косой черты в иерархической части URI является зарезервированным. Поэтому, чтобы указать нестандартный каталог Unix-сокета, нужно поступить одним из двух способов: не задавать эту часть в URI и указать сервер в именованном параметре либо закодировать путь в части `host` с процентами:

```
postgresql:///dbname?host=/var/lib/postgresql
postgresql://%2Fvar%2Flib%2Fpostgresql/dbname
```

В одном URI можно задать несколько компонентов узлов, каждый с необязательным указанием порта. URI вида `postgresql://host1:port1,host2:port2,host3:port3/` равнозначно строке подключения вида `host=host1,host2,host3 port=port1,port2,port3`. Как описывается ниже, эти узлы будут перебираться по очереди, пока не будет установлено подключение.

33.1.1.3. Указание нескольких узлов

В строке подключения можно задать несколько узлов, к которым клиент будет пытаться подключиться в заданном порядке. Параметры `host`, `hostaddr` и `port` в формате ключ/значение принимают списки значений, разделённых запятыми. В каждом определяемом параметре должно содержаться одинаковое число элементов, чтобы, например, первый элемент `hostaddr` соответствовал первому элементу `host`, второй — второму `host` и так далее. Исключение составляет `port` — если этот параметр содержит только один элемент, он применяется ко всем узлам.

В формате URI внутри компонента `host` можно указать несколько пар `host:port`, разделённых запятыми.

В любом формате одно имя узла может переводиться в несколько сетевых адресов. Например, часто бывает, что один узел имеет и адрес IPv4, и адрес IPv6.

Когда задаются несколько узлов или когда одно имя узла переводится в несколько адресов, все узлы и адреса перебираются по порядку, пока подключение не будет установлено. Если ни один из адресов не будет доступен, произойдёт сбой подключения. Если подключение устанавливается успешно, но происходит ошибка аутентификации, остальные узлы в списке не перебираются.

Если используется файл паролей, в нём можно задать разные пароли для разных узлов. Все остальные параметры подключения будут одинаковыми для всех узлов; например, нельзя задать для разных узлов различные имена пользователей.

33.1.2. Ключевые слова-параметры

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, следующие:

`host`

Имя узла для подключения. Если это имя выглядит как указание абсолютного пути, выбирается подключение через Unix-сокет, а не через TCP/IP, и данное значение определяет имя каталога, содержащего файл сокета. (В Unix-системах абсолютный путь начинается с косой черты, а в Windows абсолютные пути также могут начинаться с буквы диска.) По умолчанию, если параметр `host` отсутствует или пуст, выполняется подключение к Unix-сокету в `/tmp` (или в том каталоге сокетов, который был задан при сборке PostgreSQL). В Windows и системах, где Unix-сокеты не поддерживаются, по умолчанию выполняется подключение к `localhost`.

Также принимается разделённый запятыми список имён узлов; при этом данные имена будут перебираться по порядку. Для пустых элементов списка применяется поведение по умолчанию, описанное выше. За подробностями обратитесь к Подразделу 33.1.1.3.

`hostaddr`

Числовой IP-адрес узла для подключения. Он должен быть представлен в стандартном формате адресов IPv4, например, `172.28.40.9`. Если ваша машина поддерживает IPv6, вы можете использовать и адреса IPv6. Если в этом параметре передана непустая строка, для подключения всегда используется TCP/IP. В отсутствие этого параметра целевой IP-адрес будет получен из имени, заданного в параметре `host`, либо если в `host` задан IP-адрес, будет использоваться непосредственно он.

Использование `hostaddr` позволяет приложению обойтись без разрешения имён, что может быть важно для приложений с жёсткими временными ограничениями. Однако имя узла требуется для методов аутентификации GSSAPI или SSPI, а также для проверки полномочий на основе SSL-сертификатов в режиме `verify-full`. Применяются следующие правила:

- Если адрес `host` задаётся без `hostaddr`, осуществляется разрешение имени. (При использовании `PQconnectPoll` разрешение производится, когда `PQconnectPoll` рассматривает это имя в первый раз, и может заблокировать `PQconnectPoll` на неопределённое время.)
- Если указан `hostaddr`, а `host` не указан, тогда значение `hostaddr` даёт сетевой адрес сервера. Попытка подключения завершится неудачей, если метод аутентификации требует наличия имени узла.
- Если указаны как `host`, так и `hostaddr`, тогда значение `hostaddr` даёт сетевой адрес сервера, а значение `host` игнорируется, если только метод аутентификации его не потребует. В таком случае оно будет использоваться в качестве имени узла.

Заметьте, что аутентификация может завершиться неудачей, если `host` не является именем сервера с сетевым адресом `hostaddr`. Также заметьте, что когда указывается и `host`, и `hostaddr`, соединение в файле паролей идентифицируется по значению `host` (см. Раздел 33.15).

Также принимается разделённый запятыми список значений `hostaddr`, при этом данные узлы будут перебираться по порядку. Вместо пустого элемента в этом списке будет подставлено имя соответствующего узла или, если и оно не определено, имя узла по умолчанию. За подробностями обратитесь к Подразделу 33.1.1.3.

Если не указаны ни имя узла, ни его адрес, libpq будет производить подключение, используя локальный Unix-сокет; в Windows и в системах, не поддерживающих Unix-сокеты, она будет пытаться подключиться к `localhost`.

`port`

Номер порта, к которому нужно подключаться на сервере, либо расширение имени файла сокета для соединений через Unix-сокеты. Если в параметрах `host` или `hostaddr` задано несколько серверов, в данном параметре может задаваться через запятую список портов такой же длины, либо может указываться один номер порта для всех узлов. Пустая строка или пустой элемент в списке через запятую воспринимается как номер порта по умолчанию, установленный при сборке PostgreSQL.

`dbname`

Имя базы данных. По умолчанию оно совпадает с именем пользователя. В определённых контекстах это значение проверяется на соответствие расширенным форматам; см. Подраздел 33.1.1 для получения подробной информации.

`user`

Имя пользователя PostgreSQL, используемое для подключения. По умолчанию используется то же имя, которое имеет в операционной системе пользователь, от лица которого выполняется приложение.

`password`

Пароль, используемый в случае, когда сервер требует аутентификации по паролю.

`passfile`

Задаёт имя файла, в котором будут храниться пароли (см. Раздел 33.15). По умолчанию это `~/.pgpass` или `%APPDATA%\postgresql\pgpass.conf` в Microsoft Windows. (Отсутствие этого файла не считается ошибкой.)

`channel_binding`

Этот параметр определяет режим использования связывания каналов клиентом. Вариант `require` означает, что для соединения должно задействоваться связывание каналов, `prefer`

— клиент будет выбирать связывание, если оно поддерживается, а disable предотвращает использование этого механизма. По умолчанию подразумевается вариант prefer, если PostgreSQL собирается с поддержкой SSL; в противном случае — disable.

Механизм связывания каналов позволяет серверу подтвердить свою подлинность клиенту. Он работает только для подключений поверх SSL с серверами PostgreSQL версии 11 и новее, когда используется метод аутентификации SCRAM.

connect_timeout

Максимальное время ожидания подключения (задаётся десятичным целым числом, например: 10). При нуле, отрицательном или неопределённом значении ожидание будет бесконечным. Минимальный допустимый тайм-аут равен 2 секундам; таким образом, значение 1 воспринимается как 2. Этот тайм-аут применяется для каждого отдельного IP-адреса или имени сервера. Например, если вы зададите адреса двух серверов и значение connect_timeout будет равно 5, тайм-аут при неудачной попытке подключения к каждому серверу произойдёт через 5 секунд, а общее время ожидания подключения может достигать 10 секунд.

client_encoding

Этим устанавливается конфигурационный параметр client_encoding для данного подключения. В дополнение к значениям, которые принимает соответствующий параметр сервера, вы можете использовать значение auto. В этом случае правильная кодировка определяется на основе текущей локали на стороне клиента (в системах Unix это переменная системного окружения LC_CTYPE).

options

Задаёт параметры командной строки, которые будут отправлены серверу при установлении соединения. Например, значение -c geqo=off установит для параметра сеанса geqo значение off. Пробелы в этой строке считаются разделяющими аргументы командной строки, если только перед ними не стоит обратная косая черта (\); чтобы записать собственно обратную косую черту, её нужно продублировать (\\). Подробное описание возможных параметров можно найти в Главе 19.

application_name

Устанавливает значение для конфигурационного параметра application_name.

fallback_application_name

Устанавливает альтернативное значение для конфигурационного параметра application_name. Это значение будет использоваться, если для параметра application_name не было передано никакого значения с помощью параметров подключения или переменной системного окружения PGAPPNAME. Задание альтернативного имени полезно для универсальных программ-утилит, которые желают установить имя приложения по умолчанию, но позволяют пользователю изменить его.

keepalives

Управляет использованием сообщений keepalive протокола TCP на стороне клиента. Значение по умолчанию равно 1, что означает использование сообщений. Вы можете изменить его на 0, если эти сообщения не нужны. Для соединений, установленных через Unix-сокеты, этот параметр игнорируется.

keepalives_idle

Управляет длительностью периода отсутствия активности, выраженного числом секунд, по истечении которого TCP должен отправить сообщение keepalive серверу. При значении 0 действует системная величина. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты, или если сообщения keepalive отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета TCP_KEEPIDLE или равнозначный, и в Windows; в других системах он не оказывает влияния.

keepalives_interval

Задаёт количество секунд, по прошествии которых сообщение keepalive протокола TCP, получение которого не подтверждено сервером, должно быть отправлено повторно. При значении 0 действует системная величина. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты, или если сообщения keepalive отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета TCP_KEEPINTVL или равнозначный, и в Windows; в других системах он не оказывает влияния.

keepalives_count

Задаёт количество сообщений keepalive протокола TCP, которые могут быть потеряны, прежде чем соединение клиента с сервером будет признано неработающим. Нулевое значение этого параметра указывает, что будет использоваться системное значение по умолчанию. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты, или если сообщения keepalive отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета TCP_KEEPCNT или равнозначный; в других системах он не оказывает влияния.

tcp_user_timeout

Управляет длительностью интервала (в миллисекундах), в течение которого данные могут оставаться неподтверждёнными, прежде чем соединение будет принудительно закрыто. При значении 0 действует системная величина. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета TCP_USER_TIMEOUT; в других системах он не оказывает влияния.

tty

Игнорируется (прежде он указывал, куда направить вывод отладочных сообщений сервера).

replication

Этот параметр определяет, должно ли подключение использовать протокол репликации вместо обычного протокола. Этот вариант используют внутри механизмы репликации PostgreSQL и такие средства, как pg_basebackup, но он может также применяться и сторонними приложениями. За подробным описанием протокола репликации обратитесь к Разделу 52.4.

Поддерживаются следующие значения этого параметра, без учёта регистра:

true, on, yes, 1

Подключение осуществляется в режиме физической репликации.

database

Подключение осуществляется в режиме логической репликации, целевая база данных задаётся параметром dbname.

false, off, no, 0

Подключение выполняется в обычном режиме; это поведение по умолчанию.

В режиме физической или логической репликации может использоваться только простой протокол запросов.

gssencmode

Этот параметр определяет, будет ли согласовываться с сервером защищённое GSS соединение по протоколу TCP/IP, и если да, то в какой очередности. Всего предусмотрено три режима:

disable

пытаться установить только соединение без шифрования GSSAPI

prefer (по умолчанию)

если уже имеются учётные данные GSSAPI (в кеше учётных данных), сначала попытаться установить соединение с шифрованием GSSAPI; если эта попытка не удастся или подходящих данных нет, попробовать соединение без шифрования GSSAPI. Это значение по умолчанию, если PostgreSQL был скомпилирован с поддержкой GSSAPI.

`require`

пытаться установить только соединение с шифрованием GSSAPI

`sslmode` игнорируется при использовании Unix-сокетов. Если PostgreSQL скомпилирован без поддержки GSSAPI, использование варианта `require` приведёт к ошибке, в то время как параметр `prefer` будет принят, но libpq в действительности не будет пытаться установить зашифрованное GSSAPI соединение.

`sslmode`

Этот параметр определяет, будет ли согласовываться с сервером защищённое SSL-соединение по протоколу TCP/IP, и если да, то в какой очередности. Всего предусмотрено шесть режимов:

`disable`

следует пытаться установить только соединение без использования SSL

`allow`

сначала следует попытаться установить соединение без использования SSL; если попытка будет неудачной, нужно попытаться установить SSL-соединение

`prefer` (по умолчанию)

сначала следует попытаться установить SSL-соединение; если попытка будет неудачной, нужно попытаться установить соединение без использования SSL

`require`

следует попытаться установить только SSL-соединение. Если присутствует файл корневого центра сертификации, то нужно верифицировать сертификат таким же способом, как будто был указан параметр `verify-ca`

`verify-ca`

следует попытаться установить только SSL-соединение, при этом проконтролировать, чтобы сертификат сервера был выпущен доверенным центром сертификации (CA)

`verify-full`

следует попытаться установить только SSL-соединение, при этом проконтролировать, чтобы сертификат сервера был выпущен доверенным центром сертификации (CA) и чтобы имя запрошенного сервера соответствовало имени в сертификате

В Разделе 33.18 приведено подробное описание работы этих режимов.

`sslmode` игнорируется при использовании Unix-сокетов. Если PostgreSQL скомпилирован без поддержки SSL, использование параметров `require`, `verify-ca` или `verify-full` приведёт к ошибке, в то время как параметры `allow` и `prefer` будут приняты, но libpq в действительности не будет пытаться установить SSL-соединение.

Заметьте, что при возможности использовать шифрование GSSAPI, оно будет предпочитаться шифрованию SSL вне зависимости от значения `sslmode`. Чтобы принудительно использовать SSL в окружении, где имеется рабочая инфраструктура GSSAPI (например, сервер Kerberos), дополнительно установите для `gssencmode` значение `disable`.

`requiressl`

Использовать этот параметр не рекомендуется, в качестве замены предлагается установить `sslmode`.

Если установлено значение 1, то требуется SSL-соединение с сервером (это эквивалентно `sslmode require`). libpq в таком случае откажется подключаться, если сервер не принимает SSL-соединений. Если установлено значение 0 (по умолчанию), тогда libpq будет согласовывать тип подключения с сервером (эквивалентно `sslmode prefer`). Этот параметр доступен, если только PostgreSQL скомпилирован с поддержкой SSL.

`sslcompression`

Если установлено значение 1, данные, передаваемые через SSL-соединения, будут сжиматься. Если установлено значение 0 (по умолчанию), сжатие будет отключено. Этот параметр игнорируется, если установлено подключение без SSL.

Сжатие SSL в настоящее время считается небезопасным, и использовать его уже не рекомендуется. В OpenSSL 1.1.0 сжатие отключено по умолчанию, к тому же во многих дистрибутивах оно отключается и с более ранними версиями. А если сервер не поддерживает сжатие, включение этого параметра не окажет никакого влияния.

Если вопросы безопасности не стоят на первом месте, сжатие может ускорить передачу данных, когда узким местом является сеть. Отключение сжатия может улучшить время отклика и пропускную способность, если ограничивающим фактором является производительность CPU.

`sslcert`

Этот параметр предписывает имя файла для SSL-сертификата клиента, заменяющего файл по умолчанию `~/.postgresql/postgresql.crt`. Этот параметр игнорируется, если SSL-подключение не выполнено.

`sslkey`

Этот параметр предписывает местоположение секретного ключа, используемого для сертификата клиента. Он может либо указывать имя файла, которое будет использоваться вместо имени по умолчанию `~/.postgresql/postgresql.key`, либо он может указывать ключ, полученный от внешнего «криптомодуля» (криптомодули — это загружаемые модули OpenSSL). Спецификация внешнего криптомодуля должна состоять из имени модуля и ключевого идентификатора, зависящего от конкретного модуля, разделённых двоеточием. Этот параметр игнорируется, если SSL-подключение не выполнено.

`sslpassword`

Этот параметр задаёт пароль для секретного ключа, указанного в `sslkey`, что позволяет хранить на диске закрытые ключи клиентских сертификатов в зашифрованном виде, даже когда применять интерактивный ввод пароля непрактично.

Когда для этого параметра задаётся непустое значение, приглашение OpenSSL `Enter PEM pass phrase:` (Введите пароль для PEM:) не выводится. По умолчанию это приглашение выдаётся, если в `libpq` передаётся зашифрованный ключ клиентского сертификата.

Если ключ не зашифрован, этот параметр игнорируется. Данный параметр не действует для ключей, которыми оперируют дополнительные модули OpenSSL, если только модуль не пользуется представленной в OpenSSL функцией-обработчиком запроса пароля.

Для этого параметра нет соответствующей переменной окружения, а также не реализована возможность задать его в `.pgpass`. Однако его можно задать в определении свойств подключения в файле служб. Пользователям, которых не устраивает такой простой способ задания пароля, следует использовать специальные модули и средства openssl, например PKCS#11 или криптографические USB-устройства.

`sslrootcert`

Этот параметр указывает имя файла, содержащего SSL-сертификаты, выданные Центром сертификации (CA). Если файл существует, сертификат сервера будет проверен на предмет его подписания одним из этих центров. Имя по умолчанию — `~/.postgresql/root.crt`.

sslcrl

Этот параметр указывает имя файла, содержащего список отозванных серверных сертификатов (CRL) для SSL. Сертификаты, перечисленные в этом файле, если он существует, будут отвергаться при попытке установить подлинность сертификата сервера. Имя по умолчанию такое `~/.postgresql/root.crl`.

requirepeer

Этот параметр указывает имя пользователя операционной системы, предназначенное для сервера, например, `requirepeer=postgres`. При создании подключения через Unix-сокет, если этот параметр установлен, клиент проверяет в самом начале процедуры подключения, что серверный процесс запущен от имени указанного пользователя; если это не так, соединение аварийно прерывается с ошибкой. Этот параметр можно использовать, чтобы обеспечить аутентификацию сервера, подобную той, которая доступна с помощью SSL-сертификатов при соединениях по протоколу TCP/IP. (Заметьте, что если Unix-сокет находится в каталоге `/tmp` или в другом каталоге, запись в который разрешена всем пользователям, тогда любой пользователь сможет запустить сервер, прослушивающий сокет в том каталоге. Используйте этот параметр, чтобы гарантировать, что вы подключены к серверу, запущенному доверенным пользователем.) Он поддерживается только на платформах, для которых реализован метод аутентификации `peer`; см. Раздел 20.9.

ssl_min_protocol_version

Этот параметр определяет, с какой минимальной версией протокола SSL/TLS может быть установлено подключение. Допустимые значения: `TLSv1`, `TLSv1.1`, `TLSv1.2` и `TLSv1.3`. Набор поддерживаемых протоколов зависит от используемой версии OpenSSL; старые версии могут не поддерживать последние протоколы. По умолчанию минимальной считается версия `TLSv1.2`, что соответствует рекомендациям, актуальным в индустрии на момент написания этой документации.

ssl_max_protocol_version

Этот параметр определяет, с какой максимальной версией протокола SSL/TLS может быть установлено подключение. Допустимые значения: `TLSv1`, `TLSv1.1`, `TLSv1.2` и `TLSv1.3`. Набор поддерживаемых протоколов зависит от используемой версии OpenSSL; старые версии могут не поддерживать последние протоколы. Если этот параметр не задан, при подключении будет действовать ограничение версии сверху, установленное на стороне сервера (при наличии такового). Возможность ограничения максимальной версии протокола полезна прежде всего при тестировании или когда какой-либо компонент работает с новым протоколом некорректно.

krbsrvname

Имя службы Kerberos, которое будет использоваться при аутентификации GSSAPI. Чтобы аутентификация Kerberos прошла успешна, оно должно соответствовать имени службы, заданному в конфигурации сервера. (См. также Раздел 20.6.) По умолчанию обычно выбирается имя `postgres`, но его можно сменить при сборке PostgreSQL, передав ключ `--with-krb-srvnam` скрипту configure. В большинстве случаев менять этот параметр нет необходимости. Для некоторых реализаций Kerberos может требоваться другое имя службы, например, Microsoft Active Directory требует, чтобы имя службы задавалось в верхнем регистре (`POSTGRES`).

gsslib

Библиотека GSS, предназначенная для использования при аутентификации на основе GSSAPI. В настоящее время это действует только в сборках для Windows, поддерживающих одновременно и GSSAPI, и SSPI. Значение `gssapi` в таких сборках позволяет указать, что libpq должна использовать для аутентификации библиотеку GSSAPI, а не подразумеваемую по умолчанию SSPI.

service

Имя сервиса, используемое для задания дополнительных параметров. Оно указывает имя сервиса в файле `pg_service.conf`, который содержит дополнительные параметры подключения.

Это позволяет приложениям указывать только имя сервиса, поскольку параметры подключения могут поддерживаться централизованно. См. Раздел 33.16.

target_session_attrs

Если этот параметр равен `read-write`, по умолчанию будут приемлемы только подключения, допускающие транзакции на чтение/запись. При успешном подключении будет отправлен запрос `SHOW transaction_read_only`; если он вернёт `on`, соединение будет закрыто. Если в строке подключения указано несколько серверов, будут перебираться остальные серверы, как и при неудачной попытке подключения. Со значением по умолчанию (`any`) приемлемыми будут все подключения.

33.2. Функции, описывающие текущее состояние подключения

Эти функции могут использоваться для опроса состояния объекта, описывающего существующее подключение к базе данных.

> **Подсказка**
>
> Разработчики приложений на основе libpq должны тщательно поддерживать абстракцию `PGconn`. Следует использовать функции доступа, описанные ниже, для получения содержимого `PGconn`. Обращение напрямую к внутренним полям `PGconn`, используя сведения из `libpq-int.h`, не рекомендуется, поскольку они могут измениться в будущем.

Следующие функции возвращают значения параметров, которые были установлены в момент подключения. Эти значения не изменяются во время жизни соединения. Если используется строка соединения с несколькими узлами, значения `PQhost`, `PQport` и `PQpass` могут меняться, если с тем же объектом `PGconn` устанавливается новое соединение. Другие значения не меняются на протяжении жизни объекта `PGconn`.

PQdb

Возвращает имя базы данных, с которой установлено соединение.

```
char *PQdb(const PGconn *conn);
```

PQuser

Возвращает имя пользователя, который установил соединение.

```
char *PQuser(const PGconn *conn);
```

PQpass

Возвращает пароль, использованный для подключения.

```
char *PQpass(const PGconn *conn);
```

`PQpass` возвратит либо пароль, указанный в параметрах подключения, либо пароль, полученный из файла паролей (в случае отсутствия первого). Во втором случае, если в параметрах подключения было указано несколько узлов, полагаться на результат `PQpass` нельзя, пока соединение не будет установлено. Состояние подключения позволяет проверить функция `PQstatus`.

PQhost

Возвращает имя сервера для активного соединения. Это может быть имя узла, IP-адрес или путь к каталогу, если подключение установлено через сокет Unix. (Признаком подключения к сокету будет абсолютный путь, который начинается с `/`.)

```
char *PQhost(const PGconn *conn);
```

Если в параметрах подключения был задан и `host`, и `hostaddr`, функция `PQhost` выдаст содержимое `host`. Если был задан только `hostaddr`, возвращается это значение. Если в параметрах подключения было задано несколько узлов, `PQhost` возвращает адрес узла, с которым фактически установлено соединение.

`PQhost` возвращает `NULL`, если аргумент *conn* равен `NULL`. Иначе в случае ошибки при получении информации об узле (это возможно, если соединение не установлено до конца или произошла ошибка) она возвращает пустую строку.

Если в параметрах подключения указаны несколько узлов, на результат `PQhost` нельзя полагаться, пока соединение не будет установлено. Проверить состояние соединения позволяет функция `PQstatus`.

`PQhostaddr`

Возвращает IP-адрес сервера для активного соединения. Это может быть адрес, в который разрешилось имя узла, или IP-адрес, переданный в параметре `hostaddr`.

```
char *PQhostaddr(const PGconn *conn);
```

`PQhostaddr` возвращает `NULL`, если аргумент *conn* равен `NULL`. Иначе в случае ошибки при получении информации об узле (это возможно, если соединение не установлено до конца или произошла ошибка) она возвращает пустую строку.

`PQport`

Возвращает номер порта активного соединения.

```
char *PQport(const PGconn *conn);
```

Если в параметрах подключения было задано несколько портов, `PQport` возвращает порт, с которым фактически установлено соединение.

`PQport` возвращает `NULL`, если аргумент *conn* равен `NULL`. Иначе в случае ошибки при получении информации о порте (это возможно, если соединение не установлено до конца или произошла ошибка) она возвращает пустую строку.

Если в параметрах подключения указаны несколько портов, на результат `PQport` нельзя полагаться, пока соединение не будет установлено. Проверить состояние соединения позволяет функция `PQstatus`.

`PQtty`

Возвращает имя отладочного терминала (TTY), связанного с данным соединением. (Это устаревшая функция, поскольку сервер более не обращает внимания на установку TTY, но она остаётся для обеспечения обратной совместимости.)

```
char *PQtty(const PGconn *conn);
```

`PQoptions`

Возвращает параметры командной строки, переданные в запросе на подключение.

```
char *PQoptions(const PGconn *conn);
```

Следующие функции возвращают данные статуса, который может измениться в процессе выполнения операций на объекте `PGconn`.

`PQstatus`

Возвращает состояние подключения.

```
ConnStatusType PQstatus(const PGconn *conn);
```

Статус может принимать одно из ряда значений. Однако только два из них видны извне процедуры асинхронного подключения: `CONNECTION_OK` и `CONNECTION_BAD`. Успешное подключение к базе данных имеет статус CONNECTION_OK. О неудачной попытке подключения сигнализирует статус CONNECTION_BAD. Обычно статус OK остаётся таковым до вызова PQfinish, но в случае ошибки соединения статус может смениться на CONNECTION_BAD преждевременно. В таком случае приложение может попытаться восстановить подключение, вызвав PQreset.

О других кодах состояния, которые могут выдать эти функции, можно узнать в описании PQconnectStartParams, PQconnectStart и PQconnectPoll.

PQtransactionStatus

Возвращает текущий статус сервера, отражающий процесс выполнения транзакций.

```
PGTransactionStatusType PQtransactionStatus(const PGconn *conn);
```

Статус может быть одним из PQTRANS_IDLE (в настоящее время не занят обработкой транзакции), PQTRANS_ACTIVE (команда в процессе обработки), PQTRANS_INTRANS (не выполняет работу, но находится в рамках действительной транзакции) или PQTRANS_INERROR (не выполняет работу, но находится в рамках транзакции, завершившейся сбоем). Статус принимает значение PQTRANS_UNKNOWN, если соединение не работает. Статус принимает значение PQTRANS_ACTIVE только тогда, когда запрос был отправлен серверу, но ещё не завершён.

PQparameterStatus

Отыскивает текущее значение параметра сервера.

```
const char *PQparameterStatus(const PGconn *conn, const char *paramName);
```

Значения определённых параметров сервер сообщает автоматически в начале процедуры подключения или тогда, когда их значения изменяются. PQparameterStatus можно использовать, чтобы запросить эти значения. Функция возвращает текущее значение параметра, если оно известно, или NULL, если параметр неизвестен.

Параметры, значения которых сообщает сервер, в текущей версии включают server_version, server_encoding, client_encoding, application_name, is_superuser, session_authorization, DateStyle, IntervalStyle, TimeZone, integer_datetimes и standard_conforming_strings. (Значения параметров server_encoding, TimeZone и integer_datetimes сервер до версии 8.0 не сообщал; standard_conforming_strings сервер до версии 8.1 не сообщал; IntervalStyle сервер до версии 8.4 не сообщал; application_name сервер до версии 9.0 не сообщал.) Учтите, что server_version, server_encoding и integer_datetimes нельзя изменить после запуска.

Серверы, поддерживающие протокол только до версии 3.0, не могут сообщать установки параметров, но libpq включает средства, позволяющие получить значения для server_version и client_encoding в любом случае. Для определения этих значений в приложениях лучше использовать PQparameterStatus, а не писать какой-то свой код. (Примите к сведению, однако, что в соединениях, основанных на протоколе версии до 3.0, изменение client_encoding посредством команды SET после начала процедуры подключения не будет отражаться функцией PQparameterStatus.) Сведения о server_version приведены также в описании функции PQserverVersion, возвращающей информацию в числовой форме, в которой гораздо легче выполнять сравнение.

Если для standard_conforming_strings не передано никакого значения, то приложения могут принять его равным off. Это означает, что символы обратной косой черты в строковых литералах интерпретируются в качестве спецсимволов. Также, наличие этого параметра может рассматриваться как указание на то, что синтаксис escape-строк (E'...') является приемлемым.

Хотя возвращаемый указатель объявлен со спецификатором const, фактически он указывает на изменяемое хранилище, связанное со структурой PGconn. Не стоит рассчитывать на то, что указатель останется действительным при последующих запросах.

PQprotocolVersion

Запрашивает протокол, используемый между клиентом и сервером.

```
int PQprotocolVersion(const PGconn *conn);
```

Приложения могут использовать эту функцию, чтобы определить, поддерживаются ли определённые функциональные возможности. В настоящее время возможными значениями являются 2 (протокол версии 2.0), 3 (протокол версии 3.0) или ноль (проблемы в подключении). Версия протокола не будет изменяться после завершения процедуры подключения, но теоретически она могла бы измениться в процессе переподключения. Версия протокола 3.0 обычно используется при взаимодействии с серверами PostgreSQL версии 7.4 или более поздними; серверы до версии 7.4 поддерживают только протокол версии 2.0. (Протокол версии 1.0 является устаревшим и не поддерживается библиотекой libpq.)

`PQserverVersion`

Возвращает целочисленное представление версии сервера.

```
int PQserverVersion(const PGconn *conn);
```

Приложения могут использовать эту функцию, чтобы определить версию сервера баз данных, к которому они подключены. Возвращаемое ей число получается в результате умножения номера основной версии на 10000 и добавления номера дополнительной версии. Например, для версии 10.1 будет выдано число 100001, а для версии 11.0 — 110000. Если соединение не работает, то возвращается ноль.

До версии 10 в PostgreSQL номера версий образовывались из трёх чисел, первые два из которых представляли основную версию. Для таких версий `PQserverVersion` отводит на каждое число по две цифры; например, для версии 9.1.5 будет выдано 90105, а для версии 9.2.0 — 90200.

Таким образом, чтобы получить логический номер основной версии для определения доступности функциональности, приложения должны разделить результат `PQserverVersion` на 100, а не на 10000. Во всех сериях номера дополнительных (корректирующих) выпусков различаются только в двух последних цифрах.

`PQerrorMessage`

Возвращает сообщение об ошибке, наиболее недавно сгенерированное операцией, выполненной в рамках текущего подключения.

```
char *PQerrorMessage(const PGconn *conn);
```

Почти все функции библиотеки libpq в случае сбоя сформируют сообщение для `PQerrorMessage`. Обратите внимание, что по соглашениям, принятым в libpq, непустой результат функции `PQerrorMessage` может состоять из нескольких строк и будет включать завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна освобождать память, на которую указывает возвращаемое значение, напрямую. Она будет освобождена, когда связанный с ней дескриптор `PGconn` будет передан функции `PQfinish`. Не стоит ожидать, что результирующая строка останется той же самой при выполнении нескольких операций со структурой `PGconn`.

`PQsocket`

Получает номер файлового дескриптора для сокета соединения с сервером. Действительный дескриптор будет больше или равен 0; значение -1 показывает, что в данный момент не открыто ни одного соединения с сервером. (Значение не изменится во время обычной работы, но может измениться во время установки или переустановки подключения.)

```
int PQsocket(const PGconn *conn);
```

`PQbackendPID`

Возвращает ID (PID) серверного процесса, обрабатывающего это подключение.

```
int PQbackendPID(const PGconn *conn);
```

PID серверного процесса полезен для отладочных целей и для сопоставления с сообщениями команды `NOTIFY` (которые включают PID уведомляющего серверного процесса). Примите к сведению, что PID принадлежит процессу, выполняющемуся на узле сервера баз данных, а не на локальном узле.

`PQconnectionNeedsPassword`

Возвращает true (1), если метод аутентификации соединения требовал пароля, однако он не был предоставлен. Возвращает false (0), если пароль не требовался.

```
int PQconnectionNeedsPassword(const PGconn *conn);
```

Эту функцию можно применить после неудачной попытки подключения, чтобы решить, нужно ли предлагать пользователю ввести пароль.

`PQconnectionUsedPassword`

Возвращает true (1), если метод аутентификации соединения использовал пароль. Возвращает false (0) в противном случае.

```
int PQconnectionUsedPassword(const PGconn *conn);
```

Эту функцию можно применить как после неудачной, так и после успешной попытки подключения, чтобы определить, требовал ли сервер предоставления пароля.

Следующие функции возвращают информацию, относящуюся к SSL. Эта информация обычно не меняется после того, как подключение установлено.

`PQsslInUse`

Возвращает true (1), если для текущего подключения используется SSL, и false (0) в противном случае.

```
int PQsslInUse(const PGconn *conn);
```

`PQsslAttribute`

Возвращает связанную с SSL информацию о соединении.

```
const char *PQsslAttribute(const PGconn *conn, const char *attribute_name);
```

Список доступных атрибутов зависит от применяемой библиотеки SSL и типа подключения. Если атрибут недоступен, возвращается NULL.

Обычно доступны следующие атрибуты:

`library`

Имя используемой реализации SSL. (В настоящее время поддерживается только "`OpenSSL`")

`protocol`

Применяемая версия SSL/TLS. Наиболее распространены варианты "`TLSv1`", "`TLSv1.1`" и "`TLSv1.2`", но реализация может возвращать и другие строки, если применяется какой-то другой протокол.

`key_bits`

Число бит в ключе, используемом алгоритмом шифрования.

`cipher`

Краткое имя применяемого комплекта шифров, например: "`DHE-RSA-DES-CBC3-SHA`". Эти имена могут быть разными в разных реализациях SSL.

`compression`

Возвращает `on`, если используется сжатие SSL, или `off` в противном случае.

`PQsslAttributeNames`

Возвращает массив имён доступных атрибутов SSL. Завершается массив указателем NULL.

```
const char * const * PQsslAttributeNames(const PGconn *conn);
```

`PQsslStruct`

Возвращает указатель на специфичный для реализации SSL объект, описывающий подключение.

```
void *PQsslStruct(const PGconn *conn, const char *struct_name);
```

Доступная структура (или структуры) зависит от того, какая реализация SSL применяется. Для OpenSSL выдаётся одна структура под именем «OpenSSL», и эта структура, на которую указывает возвращённый указатель, имеет тип `SSL` (определённый в OpenSSL). Для обращения к этой функции можно воспользоваться кодом в следующих строках:

```
#include <libpq-fe.h>
#include <openssl/ssl.h>

...

    SSL *ssl;

    dbconn = PQconnectdb(...);
    ...

    ssl = PQsslStruct(dbconn, "OpenSSL");
    if (ssl)
    {
        /* use OpenSSL functions to access ssl */
    }
```

Эта структура может использоваться, чтобы сличить уровни шифрования, проверить сертификаты сервера и т. д. За информацией об этой структуре обратитесь к документации по OpenSSL.

`PQgetssl`

Возвращает структуру SSL, использовавшуюся в соединении, или null, если SSL не используется.

```
void *PQgetssl(const PGconn *conn);
```

Эта функция равнозначна `PQsslStruct(conn, "OpenSSL")`. Её не следует применять в новых приложениях, так как возвращаемая структура специфична для OpenSSL и её нельзя будет получить с другой реализацией SSL. Чтобы проверить, использует ли подключение SSL, лучше вызвать `PQsslInUse`, а чтобы получить свойства подключения — `PQsslAttribute`.

33.3. Функции для исполнения команд

После того как соединение с сервером было успешно установлено, функции, описанные в этом разделе, используются для выполнения SQL-запросов и команд.

33.3.1. Главные функции

`PQexec`

Передаёт команду серверу и ожидает результата.

```
PGresult *PQexec(PGconn *conn, const char *command);
```

Возвращает указатель на `PGresult` или, возможно, пустой указатель (null). Как правило, возвращается непустой указатель, исключением являются ситуации нехватки памяти или серьёзные ошибки, такие, как невозможность отправки команды серверу. Для проверки возвращаемого значения на наличие ошибок следует вызвать функцию `PQresultStatus` (в случае нулевого указателя она возвратит PGRES_FATAL_ERROR). Для получения дополнительной информации о таких ошибках используйте функцию PQerrorMessage.

Строка команды может включать в себя более одной SQL-команды (которые разделяются точкой с запятой). Несколько запросов, отправленных с помощью одного вызова PQexec, обрабатываются в рамках одной транзакции, если только команды BEGIN/COMMIT не включены явно в строку запроса, чтобы разделить его на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 52.2.2.1.) Однако обратите внимание, что возвращаемая структура PGresult описывает только результат последней из выполненных команд, содержащихся в строке запроса. Если одна из команд завершается сбоем, то обработка строки запроса на этом останавливается, и возвращённая структура PGresult описывает состояние ошибки.

PQexecParams

Отправляет команду серверу и ожидает результата. Имеет возможность передать параметры отдельно от текста SQL-команды.

```
PGresult *PQexecParams(PGconn *conn,
                       const char *command,
                       int nParams,
                       const Oid *paramTypes,
                       const char * const *paramValues,
                       const int *paramLengths,
                       const int *paramFormats,
                       int resultFormat);
```

PQexecParams подобна PQexec, но предлагает дополнительную функциональность: значения параметров могут быть указаны отдельно от самой строки-команды, а результаты запроса могут быть затребованы либо в текстовом, либо в двоичном формате. PQexecParams поддерживается только при подключениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. Её вызов завершится сбоем при использовании протокола версии 2.0.

Параметры функции следующие:

conn

Объект, описывающий подключение, через которое пересылается команда.

command

Строка SQL-команды, которая должна быть выполнена. Если используются параметры, то в строке команды на них ссылаются, как $1, $2 и т. д.

nParams

Число предоставляемых параметров. Оно равно длине массивов *paramTypes[]*, *paramValues[]*, *paramLengths[]* и *paramFormats[]*. (Указатели на массивы могут быть равны NULL, когда *nParams* равно нулю.)

paramTypes[]

Предписывает, посредством OID, типы данных, которые должны быть назначены параметрам. Если значение *paramTypes* равно NULL или какой-либо отдельный элемент в массиве равен нулю, тогда сервер самостоятельно определит тип данных для параметра точно таким же образом, как он сделал бы для литеральной строки, тип которой не указан.

paramValues[]

Указывает фактические значения параметров. Нулевой указатель в этом массиве означает, что соответствующий параметр равен null; в противном случае указатель указывает на текстовую строку, завершающуюся нулевым символом (для текстового формата), или на двоичные данные в формате, которого ожидает сервер (для двоичного формата).

paramLengths[]

Указывает фактические длины данных для параметров, представленных в двоичном формате. Он игнорируется для параметров, имеющих значение null, и для параметров, представленных в текстовом формате. Указатель на массив может быть нулевым, когда нет двоичных параметров.

paramFormats[]

Указывает, являются ли параметры текстовыми (поместите нуль в элемент массива, соответствующий такому параметру) или двоичными (поместите единицу в элемент массива, соответствующий такому параметру). Если указатель на массив является нулевым, тогда все параметры считаются текстовыми строками.

Значения, переданные в двоичном формате, требуют знания внутреннего представления, которого ожидает сервер. Например, целые числа должны передаваться с использованием сетевого порядка байтов. Передача значений типа `numeric` требует знания формата, в котором их хранит сервер; это реализовано в `src/backend/utils/adt/numeric.c::numeric_send()` и `src/backend/utils/adt/numeric.c::numeric_recv()`.

resultFormat

Требует указать ноль, чтобы получить результаты в текстовом формате, или единицу, чтобы получить результаты в двоичном формате. (В настоящее время нет возможности получить различные столбцы результата в разных форматах, хотя это и возможно на уровне протокола, лежащего в основе подключений.)

Главным преимуществом `PQexecParams` перед `PQexec` является возможность отделить значения параметров от строки запроса. Это позволяет обойтись без кавычек и экранирующих символов, манипулирование которыми бывает трудоёмким и часто приводит к ошибкам.

В отличие от `PQexec`, `PQexecParams` позволяет включать не более одной SQL-команды в строку запроса. (В ней могут содержаться точки с запятой, однако может присутствовать не более одной непустой команды.) Это ограничение накладывается базовым протоколом, но оно приносит и некоторую пользу в качестве дополнительной защиты от атак методом SQL-инъекций.

Подсказка

Указание типов параметров с помощью OID является трудоёмким, особенно если вы предпочитаете не указывать явно значений OID в вашей программе. Однако вы можете избежать этого даже в случаях, когда сервер самостоятельно не может определить тип параметра или выбирает не тот тип, который вы хотите. В строке SQL-команды добавьте явное приведение типа для этого параметра, чтобы показать, какой тип данных вы будете отправлять. Например:

```
SELECT * FROM mytable WHERE x = $1::bigint;
```

Это приведёт к тому, что параметр `$1` будет считаться имеющим тип `bigint`, в то время как по умолчанию ему был бы назначен тот же самый тип, что и `x`. Такое явное принятие решения о типе параметра либо с помощью описанного метода, либо путём задания числового OID строго рекомендуется, когда значения параметров отправляются в двоичном формате, поскольку двоичный формат имеет меньшую избыточность, чем текстовый, и поэтому гораздо менее вероятно, что сервер обнаружит ошибку несоответствия типов, допущенную вами.

`PQprepare`

Отправляет запрос, чтобы создать подготовленный оператор с конкретными параметрами, и ожидает завершения.

```
PGresult *PQprepare(PGconn *conn,
                    const char *stmtName,
```

```
                        const char *query,
                        int nParams,
                        const Oid *paramTypes);
```

PQprepare создаёт подготовленный оператор для последующего исполнения с помощью PQexecPrepared. Благодаря этому, команды, которые будут выполняться многократно, не потребуется разбирать и планировать каждый раз; за подробностями обратитесь к PREPARE. PQprepare поддерживается только с подключениями по протоколу 3.0 и новее; с протоколом 2.0 эта функция работать не будет.

Функция создаёт подготовленный оператор с именем *stmtName* из строки *query*, которая должна содержать единственную SQL-команду. *stmtName* может быть пустой строкой "", тогда будет создан неименованный оператор (в таком случае любой уже существующий неименованный оператор будет автоматически заменён), в противном случае, если имя оператора уже определено в текущем сеансе работы, будет ошибка. Если используются параметры, то в запросе к ним обращаются таким образом: `$1`, `$2` и т. д. *nParams* представляет число параметров, типы данных для которых указаны в массиве *paramTypes[]*. (Указатель на массив может быть равен `NULL`, когда значение *nParams* равно нулю.) *paramTypes[]* указывает, посредством OID, типы данных, которые будут назначены параметрам. Если *paramTypes* равен `NULL` или какой-либо элемент в этом массиве равен нулю, то сервер назначает тип данных соответствующему параметру точно таким же способом, как он сделал бы для литеральной строки, не имеющей типа. Также в запросе можно использовать параметры с номерами, большими, чем *nParams*; типы данных для них сервер также сможет подобрать. (См. описание PQdescribePrepared, где сказано, как можно определить, какие типы данных были подобраны).

Как и при вызове PQexec, результатом является объект `PGresult`, содержимое которого показывает успех или сбой на стороне сервера. Нулевой указатель означает нехватку памяти или невозможность вообще отправить команду. Для получения дополнительной информации о таких ошибках используйте PQerrorMessage.

Подготовленные операторы для использования с PQexecPrepared можно также создать путём исполнения SQL-команд PREPARE. Также, хотя никакой функции libpq для удаления подготовленного оператора не предусмотрено, для этой цели можно воспользоваться SQL-командой DEALLOCATE.

`PQexecPrepared`

Отправляет запрос на исполнение подготовленного оператора с данными параметрами и ожидает результата.

```
PGresult *PQexecPrepared(PGconn *conn,
                         const char *stmtName,
                         int nParams,
                         const char * const *paramValues,
                         const int *paramLengths,
                         const int *paramFormats,
                         int resultFormat);
```

PQexecPrepared подобна PQexecParams, но команда, подлежащая исполнению, указывается путём передачи имени предварительно подготовленного оператора вместо передачи строки запроса. Эта возможность позволяет командам, которые вызываются многократно, подвергаться разбору и планированию только один раз, а не при каждом их исполнении. Оператор должен быть подготовлен предварительно в рамках текущего сеанса работы. PQexecPrepared поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Параметры идентичны PQexecParams, за исключением того, что вместо строки запроса передаётся имя подготовленного оператора и отсутствует параметр *paramTypes[]* (он не нужен, поскольку типы данных для параметров подготовленного оператора были определены при его создании).

PQdescribePrepared

Передаёт запрос на получение информации об указанном подготовленном операторе и ожидает завершения.

```
PGresult *PQdescribePrepared(PGconn *conn, const char *stmtName);
```

PQdescribePrepared позволяет приложению получить информацию о предварительно подготовленном операторе. PQdescribePrepared поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Для ссылки на неименованный оператор значение *stmtName* может быть пустой строкой "" или NULL, в противном случае оно должно быть именем существующего подготовленного оператора. В случае успешного выполнения возвращается PGresult со статусом PGRES_COMMAND_OK. Функции PQnparams и PQparamtype позволяют извлечь из PGresult информацию о параметрах подготовленного оператора, а функции PQnfields, PQfname, PQftype и т. п. предоставляют информацию о результирующих столбцах данного оператора (если они есть).

PQdescribePortal

Передаёт запрос на получение информации об указанном портале и ожидает завершения.

```
PGresult *PQdescribePortal(PGconn *conn, const char *portalName);
```

PQdescribePortal позволяет приложению получить информацию о предварительно созданном портале. (libpq не предоставляет прямого доступа к порталам, но вы можете использовать эту функцию для ознакомления со свойствами курсора, созданного с помощью SQL-команды DECLARE CURSOR.) PQdescribePortal поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Для ссылки на неименованный портал значение *portalName* может быть пустой строкой "" или NULL, в противном случае оно должно быть именем существующего портала. В случае успешного завершения возвращается PGresult со статусом PGRES_COMMAND_OK. С помощью функций PQnfields, PQfname, PQftype и т. д. можно извлечь из PGresult информацию о результирующих столбцах данного портала (если они есть).

Структура PGresult содержит результат, возвращённый сервером. Разработчики приложений libpq должны тщательно поддерживать абстракцию PGresult. Для получения доступа к содержимому PGresult используйте функции доступа, описанные ниже. Избегайте непосредственного обращения к полям структуры PGresult, поскольку они могут измениться в будущем.

PQresultStatus

Возвращает статус результата выполнения команды.

```
ExecStatusType PQresultStatus(const PGresult *res);
```

PQresultStatus может возвращать одно из следующих значений:

PGRES_EMPTY_QUERY

Строка, отправленная серверу, была пустой.

PGRES_COMMAND_OK

Успешное завершение команды, не возвращающей никаких данных.

PGRES_TUPLES_OK

Успешное завершение команды, возвращающей данные (такой, как SELECT или SHOW).

PGRES_COPY_OUT

Начат перенос данных Copy Out (с сервера).

PGRES_COPY_IN

Начат перенос данных Copy In (на сервер).

PGRES_BAD_RESPONSE

Ответ сервера не был распознан.

PGRES_NONFATAL_ERROR

Произошла некритическая ошибка (уведомление или предупреждение).

PGRES_FATAL_ERROR

Произошла критическая ошибка.

PGRES_COPY_BOTH

Начат перенос данных Copy In/Out (на сервер и с сервера). Эта функция в настоящее время используется только для потоковой репликации, поэтому такой статус не должен иметь место в обычных приложениях.

PGRES_SINGLE_TUPLE

Структура PGresult содержит только одну результирующую строку, возвращённую текущей командой. Этот статус имеет место только тогда, когда для данного запроса был выбран режим построчного вывода (см. Раздел 33.5).

Если статус результата PGRES_TUPLES_OK или PGRES_SINGLE_TUPLE, тогда для извлечения строк, возвращённых запросом, можно использовать функции, описанные ниже. Обратите внимание, что команда SELECT, даже когда она не извлекает ни одной строки, всё же показывает PGRES_TUPLES_OK. PGRES_COMMAND_OK предназначен для команд, которые никогда не возвращают строки (INSERT или UPDATE без использования предложения RETURNING и др.). Ответ PGRES_EMPTY_QUERY может указывать на наличие ошибки в клиентском программном обеспечении.

Результат со статусом PGRES_NONFATAL_ERROR никогда не будет возвращён напрямую функцией PQexec или другими функциями исполнения запросов; вместо этого результаты такого вида передаются обработчику уведомлений (см. Раздел 33.12).

PQresStatus

Преобразует значение перечислимого типа, возвращённое функцией PQresultStatus, в строковую константу, описывающую код статуса. Вызывающая функция не должна освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель.

```
char *PQresStatus(ExecStatusType status);
```

PQresultErrorMessage

Возвращает сообщение об ошибке, связанное с командой, или пустую строку, если ошибки не произошло.

```
char *PQresultErrorMessage(const PGresult *res);
```

Если произошла ошибка, то возвращённая строка будет включать завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель PGresult будет передан функции PQclear.

Если непосредственно после вызова PQexec или PQgetResult вызвать функцию PQerrorMessage (для данного подключения), то она возвратит ту же самую строку, что и PQresultErrorMessage (для данного результата). Однако PGresult сохранит своё сообщение об ошибке до тех пор, пока не будет уничтожен, в то время как сообщение об ошибке, связанное с данным подключением, будет изменяться при выполнении последующих операций. Воспользуйтесь функцией PQresultErrorMessage, когда вы хотите узнать статус, связанный с конкретной структурой

PGresult; используйте функцию PQerrorMessage, когда вы хотите узнать статус выполнения самой последней операции на данном соединении.

PQresultVerboseErrorMessage

Возвращает переформатированную версию сообщения об ошибке, связанного с объектом PGresult.

```
char *PQresultVerboseErrorMessage(const PGresult *res,
                                  PGVerbosity verbosity,
                                  PGContextVisibility show_context);
```

В некоторых ситуациях клиент может захотеть получить более подробную версию ранее выданного сообщения об ошибке. Эту потребность удовлетворяет функция PQresultVerboseErrorMessage, формируя сообщение, которое было бы выдано функцией PQresultErrorMessage, если бы заданный уровень детализации был текущим для соединения в момент заполнения PGresult. Если же в PGresult не содержится ошибка, вместо этого выдаётся сообщение «PGresult is not an error result» (PGresult — не результат с ошибкой). Возвращаемое этой функцией сообщение завершается переводом строки.

В отличие от многих других функций, извлекающих данные из PGresult, результат этой функции — новая размещённая в памяти строка. Когда эта строка будет не нужна, вызывающий код должен освободить её место, вызвав PQfreemem().

При нехватке памяти может быть возвращено NULL.

PQresultErrorField

Возвращает индивидуальное поле из отчёта об ошибке.

```
char *PQresultErrorField(const PGresult *res, int fieldcode);
```

fieldcode это идентификатор поля ошибки; см. символические константы, перечисленные ниже. Если PGresult не содержит ошибки или предупреждения или не включает указанное поле, то возвращается NULL. Значения полей обычно не включают завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель PGresult будет передан функции PQclear.

Доступны следующие коды полей:

PG_DIAG_SEVERITY

Серьёзность; поле может содержать ERROR, FATAL или PANIC (в сообщении об ошибке) либо WARNING, NOTICE, DEBUG, INFO или LOG (в сообщении-уведомлении) либо локализованный перевод одного из этих значений. Присутствует всегда.

PG_DIAG_SEVERITY_NONLOCALIZED

Серьёзность; поле может содержать ERROR, FATAL или PANIC (в сообщении об ошибке) либо WARNING, NOTICE, DEBUG, INFO или LOG (в сообщении-уведомлении). Это поле подобно PG_DIAG_SEVERITY, но его содержимое никогда не переводится. Присутствует только в отчётах, выдаваемых PostgreSQL версии 9.6 и новее.

PG_DIAG_SQLSTATE

Код ошибки в соответствии с соглашением о кодах SQLSTATE. Код SQLSTATE идентифицирует тип случившейся ошибки; он может использоваться клиентскими приложениями, чтобы выполнять конкретные операции (такие, как обработка ошибок) в ответ на конкретную ошибку базы данных. Список возможных кодов SQLSTATE приведён в Приложении A. Это поле не подлежит локализации. Оно всегда присутствует.

PG_DIAG_MESSAGE_PRIMARY

Главное сообщение об ошибке, предназначенное для прочтения пользователем. Как правило составляет всего одну строку. Это поле всегда присутствует.

PG_DIAG_MESSAGE_DETAIL

Необязательное дополнительное сообщение об ошибке, передающее более детальную информацию о проблеме. Может занимать несколько строк.

PG_DIAG_MESSAGE_HINT

Подсказка: необязательное предположение о том, что можно сделать в данной проблемной ситуации. Оно должно отличаться от детальной информации в том смысле, что оно предлагает совет (возможно, и неподходящий), а не просто факты. Может занимать несколько строк.

PG_DIAG_STATEMENT_POSITION

Строка, содержащая десятичное целое число, указывающее позицию расположения ошибки в качестве индекса в оригинальной строке оператора. Первый символ имеет позицию 1, при этом позиции измеряются в символах а не в байтах.

PG_DIAG_INTERNAL_POSITION

Это поле определяется точно так же, как и поле PG_DIAG_STATEMENT_POSITION, но оно используется, когда позиция местонахождения ошибки относится к команде, сгенерированной внутренними модулями, а не к команде, представленной клиентом. Когда появляется это поле, то всегда появляется и поле PG_DIAG_INTERNAL_QUERY.

PG_DIAG_INTERNAL_QUERY

Текст команды, сгенерированной внутренними модулями, завершившейся сбоем. Это мог бы быть, например, SQL-запрос, выданный функцией на языке PL/pgSQL.

PG_DIAG_CONTEXT

Характеристика контекста, в котором произошла ошибка. В настоящее время она включает вывод стека вызовов активных функций процедурного языка и запросов, сгенерированных внутренними модулями. Стек выводится по одному элементу в строке, при этом первым идет самый последний из элементов (самый недавний вызов).

PG_DIAG_SCHEMA_NAME

Если ошибка была связана с конкретным объектом базы данных, то в это поле будет записано имя схемы, содержащей данный объект.

PG_DIAG_TABLE_NAME

Если ошибка была связана с конкретной таблицей, то в это поле будет записано имя таблицы. (Для получения имени схемы для данной таблицы обратитесь к полю, содержащему имя схемы.)

PG_DIAG_COLUMN_NAME

Если ошибка была связана с конкретным столбцом таблицы, то в это поле будет записано имя столбца. (Чтобы идентифицировать таблицу, обратитесь к полям, содержащим имена схемы и таблицы.)

PG_DIAG_DATATYPE_NAME

Если ошибка была связана с конкретным типом данных, то в это поле будет записано имя типа данных. (Чтобы получить имя схемы, которой принадлежит этот тип данных, обратитесь к полю, содержащему имя схемы.)

PG_DIAG_CONSTRAINT_NAME

Если ошибка была связана с конкретным ограничением, то в это поле будет записано имя ограничения. Чтобы получить имя таблицы или домена, связанных с этим ограничением, обратитесь к полям, перечисленным выше. (С этой целью индексы рассматриваются как ограничения, даже если они и не были созданы с помощью синтаксиса для создания ограничений.)

PG_DIAG_SOURCE_FILE

Имя файла, содержащего позицию в исходном коде, для которой было выдано сообщение об ошибка.

PG_DIAG_SOURCE_LINE

Номер строки той позиции в исходном коде, для которой было выдано сообщение об ошибке.

PG_DIAG_SOURCE_FUNCTION

Имя функции в исходном коде, сообщающей об ошибке.

> **Примечание**
>
> Поля для имени схемы, имени таблицы, имени столбца, имени типа данных и имени ограничения предоставляются лишь для ограниченного числа типов ошибок; см. Приложение A. Не рассчитывайте на то, что присутствие любого из этих полей гарантирует и присутствие какого-то другого поля. Базовые источники ошибок придерживаются взаимосвязей, описанных выше, но функции, определённые пользователем, могут использовать эти поля другими способами. Аналогично, не рассчитывайте на то, что эти поля обозначают объекты, существующие в текущей базе данных в настоящий момент.

Клиент отвечает за форматирование отображаемой информации в соответствии с его нуждами; в частности, он должен разбивать длинные строки, как требуется. Символы новой строки, встречающиеся в полях сообщения об ошибке, должны обрабатываться, как разрывы абзацев, а не строк.

Ошибки, сгенерированные внутренними модулями libpq, будут иметь поля серьёзности ошибки и основного сообщения, но, как правило, никаких других полей. Ошибки, возвращаемые сервером, работающим по протоколу версии ниже 3.0, будут включать поля серьёзности ошибки и основного сообщения, а также иногда детальное сообщение, но больше никаких полей.

Заметьте, что поля ошибки доступны только из объектов PGresult, а не из объектов PGconn. Не существует функции PQerrorField.

PQclear

Освобождает область памяти, связанную с PGresult. Результат выполнения каждой команды должен быть освобождён с помощью PQclear, когда он больше не нужен.

```
void PQclear(PGresult *res);
```

Вы можете сохранять объект PGresult, пока он вам нужен; он не исчезает ни когда вы выдаёте новую команду, ни даже если вы закрываете соединение. Чтобы от него избавиться, вы должны вызвать PQclear. Если этого не делать, в вашем приложении будут иметь место утечки памяти.

33.3.2. Извлечение информации, связанной с результатом запроса

Эти функции служат для извлечения информации из объекта PGresult, который представляет результат успешного запроса (то есть такого, который имеет статус PGRES_TUPLES_OK или PGRES_SINGLE_TUPLE). Их также можно использовать для извлечения информации об успешной операции DESCRIBE: результат этой операции содержит всю ту же самую информацию о столбцах, которая была бы получена при реальном исполнении запроса, но не содержит ни одной строки. Для объектов, имеющих другие значения статуса, эти функции будут действовать таким образом, как будто результат не содержит ни одной строки и ни одного столбца.

PQntuples

Возвращает число строк (кортежей) в полученной выборке. (Заметьте, что объекты PGresult не могут содержать более чем INT_MAX строк, так что для результата достаточно типа int.)

```
int PQntuples(const PGresult *res);
```

`PQnfields`

Возвращает число столбцов (полей) в каждой строке полученной выборки.

```
int PQnfields(const PGresult *res);
```

`PQfname`

Возвращает имя столбца, соответствующего данному номеру столбца. Номера столбцов начинаются с 0. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на `PGresult` будет передан функции `PQclear`.

```
char *PQfname(const PGresult *res,
              int column_number);
```

Если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона, то возвращается `NULL`.

`PQfnumber`

Возвращает номер столбца, соответствующий данному имени столбца.

```
int PQfnumber(const PGresult *res,
              const char *column_name);
```

Если данное имя не совпадает с именем ни одного из столбцов, то возвращается -1.

Данное имя интерпретируется, как идентификатор в SQL-команде. Это означает, что оно переводится в нижний регистр, если только оно не заключено в двойные кавычки. Например, для выборки, сгенерированной с помощью такой SQL-команды:

```
SELECT 1 AS FOO, 2 AS "BAR";
```

мы получили бы следующие результаты:

```
PQfname(res, 0)              foo
PQfname(res, 1)              BAR
PQfnumber(res, "FOO")        0
PQfnumber(res, "foo")        0
PQfnumber(res, "BAR")        -1
PQfnumber(res, "\"BAR\"")    1
```

`PQftable`

Возвращает OID таблицы, из которой был получен данный столбец. Номера столбцов начинаются с 0.

```
Oid PQftable(const PGresult *res,
             int column_number);
```

В следующих случаях возвращается `InvalidOid`: если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона; если указанный столбец не является простой ссылкой на столбец таблицы; когда используется протокол версии более ранней, чем 3.0. Вы можете сделать запрос к системной таблице `pg_class`, чтобы точно определить, к какой таблице было произведено обращение.

Тип данных `Oid` и константа `InvalidOid` будут определены, когда вы включите заголовочный файл для libpq. Они будут принадлежать к одному из целочисленных типов.

`PQftablecol`

Возвращает номер столбца (в пределах его таблицы) для указанного столбца в полученной выборке. Номера столбцов в полученной выборке начинаются с 0, но столбцы в таблице имеют ненулевые номера.

```
int PQftablecol(const PGresult *res,
                int column_number);
```

В следующих случаях возвращается ноль: если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона; если указанный столбец не является простой ссылкой на столбец таблицы; когда используется протокол версии более ранней, чем 3.0.

`PQfformat`

Возвращает код формата, показывающий формат данного столбца. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfformat(const PGresult *res,
              int column_number);
```

Значение кода формата, равное нулю, указывает на текстовое представление данных, в то время, как значение, равное единице, означает двоичное представление. (Другие значения кодов зарезервированы для определения в будущем.)

`PQftype`

Возвращает тип данных, соответствующий данному номеру столбца. Возвращаемое целое значение является внутренним номером OID для этого типа. Номера столбцов начинаются с 0.

```
Oid PQftype(const PGresult *res,
            int column_number);
```

Вы можете сделать запрос к системной таблице `pg_type`, чтобы получить имена и свойства различных типов данных. Значения OID для встроенных типов данных определены в файле `include/server/catalog/pg_type_d.h` в каталоге установленного сервера.

`PQfmod`

Возвращает модификатор типа для столбца, соответствующего данному номеру. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfmod(const PGresult *res,
           int column_number);
```

Интерпретация значений модификатора зависит от типа; они обычно показывают точность или предельные размеры. Значение -1 используется, чтобы показать «нет доступной информации». Большинство типов данных не используют модификаторов, в таком случае значение всегда будет -1.

`PQfsize`

Возвращает размер в байтах для столбца, соответствующего данному номеру. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfsize(const PGresult *res,
            int column_number);
```

`PQfsize` возвращает размер пространства, выделенного для этого столбца в строке базы данных, другими словами, это размер внутреннего представления этого типа данных на сервере. (Следовательно, эта информация не является по-настоящему полезной для клиентов.) Отрицательное значение говорит о том, что тип данных имеет переменную длину.

`PQbinaryTuples`

Возвращает 1, если `PGresult` содержит двоичные данные, или 0, если данные текстовые.

```
int PQbinaryTuples(const PGresult *res);
```

Эта функция не рекомендуется к использованию (за исключением применения в связи с командой `COPY`), поскольку один и тот же `PGresult` может содержать в некоторых столбцах текстовые данные, а в остальных — двоичные. Предпочтительнее использовать PQfformat. PQbinaryTuples возвращает 1, только если все столбцы в выборке являются двоичными (код формата 1).

PQgetvalue

Возвращает значение одного поля из одной строки, содержащейся в PGresult. Номера строк и столбцов начинаются с 0. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на PGresult будет передан функции PQclear.

```
char *PQgetvalue(const PGresult *res,
                 int row_number,
                 int column_number);
```

Для данных в текстовом формате значение, возвращаемое функцией PQgetvalue, является значением поля, представленным в виде символьной строки с завершающим нулевым символом. Для данных в двоичном формате используется двоичное представление значения. Оно определяется функциями typsend и typreceive для конкретного типа данных. (В этом случае к значению также добавляется нулевой байт, но обычно это не приносит пользы, поскольку вероятно, что значение уже содержит нулевые байты.)

Пустая строка возвращается в том случае, когда поле содержит null. Чтобы отличить значения null от пустых строковых значений, воспользуйтесь функцией PQgetisnull.

Указатель, возвращаемый функцией PQgetvalue, указывает на область памяти внутри структуры PGresult. Модифицировать данные, на которые указывает этот указатель, не следует. Вместо этого нужно явно скопировать данные в другую область памяти, если предполагается использовать их за рамками жизненного цикла структуры PGresult.

PQgetisnull

Проверяет поле на предмет отсутствия значения (null). Номера строк и столбцов начинаются с 0.

```
int PQgetisnull(const PGresult *res,
                int row_number,
                int column_number);
```

Эта функция возвращает 1, если значение в поле отсутствует (null), и 0, если поле содержит отличное от null значение. (Заметьте, что если поле содержит null, функция PQgetvalue возвращает пустую строку, а не нулевой указатель.)

PQgetlength

Возвращает фактическую длину значения поля в байтах. Номера строк и столбцов начинаются с 0.

```
int PQgetlength(const PGresult *res,
                int row_number,
                int column_number);
```

Это фактическая длина данных для конкретного значения данных, то есть размер объекта, на который указывает PQgetvalue. Для текстового формата данных это то же самое, что strlen(). Для двоичного же формата это существенная информация. Учтите, что при расчёте фактического объёма данных *не* следует полагаться на PQfsize.

PQnparams

Возвращает число параметров подготовленного оператора.

```
int PQnparams(const PGresult *res);
```

Эта функция полезна только при исследовании результата работы функции PQdescribePrepared. Для других типов запросов она возвратит ноль.

PQparamtype

Возвращает тип данных для указанного параметра оператора. Номера параметров начинаются с 0.

```
Oid PQparamtype(const PGresult *res, int param_number);
```

Эта функция полезна только при исследовании результата работы функции PQdescribePrepared. Для других типов запросов она возвратит ноль.

PQprint

Выводит все строки и, по выбору, имена столбцов в указанный поток вывода.

```
void PQprint(FILE *fout,      /* поток вывода */
             const PGresult *res,
             const PQprintOpt *po);
typedef struct
{
    pqbool  header;      /* печатать заголовки полей и счётчик строк */
    pqbool  align;       /* выравнивать поля */
    pqbool  standard;    /* старый формат */
    pqbool  html3;       /* выводить HTML-таблицы */
    pqbool  expanded;    /* расширять таблицы */
    pqbool  pager;       /* использовать программу для постраничного просмотра, если
 нужно */
    char    *fieldSep;   /* разделитель полей */
    char    *tableOpt;   /* атрибуты для HTML-таблицы */
    char    *caption;    /* заголовок HTML-таблицы */
    char    **fieldName; /* массив заменителей для имён полей, завершающийся нулевым
 символом */
} PQprintOpt;
```

Эту функцию прежде использовала утилита psql для вывода результатов запроса, но больше она её не использует. Обратите внимание, предполагается, что все данные представлены в текстовом формате.

33.3.3. Получение другой информации о результате

Эти функции используются для получения остальной информации из объектов PGresult.

PQcmdStatus

Возвращает дескриптор статуса для SQL-команды, которая сгенерировала PGresult.

```
char *PQcmdStatus(PGresult *res);
```

Как правило, это просто имя команды, но могут быть включены и дополнительные сведения, такие, как число обработанных строк. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на PGresult будет передан функции PQclear.

PQcmdTuples

Возвращает число строк, которые затронула SQL-команда.

```
char *PQcmdTuples(PGresult *res);
```

Эта функция возвращает строковое значение, содержащее число строк, которые затронул SQL-оператор, сгенерировавший данный PGresult. Эту функцию можно использовать только сразу после выполнения команд SELECT, CREATE TABLE AS, INSERT, UPDATE, DELETE, MOVE, FETCH или COPY, а также после оператора EXECUTE, выполнившего подготовленный запрос, содержащий команды INSERT, UPDATE или DELETE. Если команда, которая сгенерировала PGresult, была какой-то иной, то PQcmdTuples возвращает пустую строку. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на PGresult будет передан функции PQclear.

PQoidValue

Возвращает OID вставленной строки, если SQL-команда была командой INSERT, которая вставила ровно одну строку в таблицу, имеющую идентификаторы OID, или командой EXECUTE, которая выполнила подготовленный запрос, содержащий соответствующий оператор INSERT. В противном случае эта функция возвращает InvalidOid. Эта функция также возвратит InvalidOid, если таблица, затронутая командой INSERT, не содержит идентификаторов OID.

```
Oid PQoidValue(const PGresult *res);
```

PQoidStatus

Эта функция считается не рекомендуемой к использованию (в качестве замены служит PQoidValue), а также она не является потокобезопасной. Она возвращает строковое значение, содержащее OID вставленной строки, в то время как PQoidValue возвращает значение OID.

```
char *PQoidStatus(const PGresult *res);
```

33.3.4. Экранирование строковых значений для включения в SQL-команды

PQescapeLiteral

```
char *PQescapeLiteral(PGconn *conn, const char *str, size_t length);
```

PQescapeLiteral экранирует строковое значение для использования внутри SQL-команды. Это полезно при вставке в SQL-команды значений данных в виде строковых констант. Определённые символы (например, кавычки и обратная косая черта) должны экранироваться, чтобы предотвратить их специальную интерпретацию синтаксическим анализатором языка SQL. Эту операцию выполняет PQescapeLiteral.

PQescapeLiteral возвращает экранированную версию параметра *str*, размещённую в области памяти, распределённой с помощью функции malloc(). Эту память нужно освобождать с помощью функции PQfreemem(), когда возвращённое значение больше не требуется. Завершающий нулевой байт не нужен и не должен учитываться в параметре *length*. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны *length* байт, то PQescapeLiteral останавливает работу на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает strncpy.) В возвращённой строке все специальные символы заменены таким образом, что синтаксический анализатор строковых литералов PostgreSQL может обработать их должным образом. В строку также добавляется завершающий нулевой байт. Одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL, включаются в результирующую строку.

В случае ошибки PQescapeLiteral возвращает NULL, и в объект *conn* помещается соответствующее сообщение.

> **Подсказка**
>
> Особенно важно выполнять надлежащее экранирование при обработке строк, полученных из ненадёжных источников. В противном случае ваша безопасность подвергается риску из-за уязвимости в отношении атак с использованием «SQL-инъекций», с помощью которых нежелательные SQL-команды направляются в вашу базу данных.

Обратите внимание, что нет необходимости (и это будет даже некорректно) экранировать значения данных, передаваемых в виде отдельных параметров в функцию PQexecParams или родственные ей функции.

PQescapeIdentifier

```
char *PQescapeIdentifier(PGconn *conn, const char *str, size_t length);
```

PQescapeIdentifier экранирует строку, предназначенную для использования в качестве идентификатора SQL, например имени таблицы, столбца или функции. Это полезно, когда идентификатор, выбранный пользователем, может содержать специальные символы, которые в противном случае не интерпретировались бы синтаксическим анализатором SQL, как часть идентификатора, или когда идентификатор может содержать символы верхнего регистра и этот регистр требуется сохранить.

PQescapeIdentifier возвращает версию параметра *str*, экранированную как SQL-идентификатор, и размещённую в области памяти, распределённой с помощью функции malloc(). Эту память нужно освобождать с помощью функции PQfreemem(), когда возвращённое значение больше не требуется. Завершающий нулевой байт не нужен и не должен учитываться в параметре *length*. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны *length* байт, то PQescapeIdentifier останавливается на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает strncpy.) В возвращённой строке все специальные символы заменены таким образом, что она будет надлежащим образом обработана, как SQL-идентификатор. Завершающий нулевой байт также будет добавлен. Возвращённая строка также будет заключена в двойные кавычки.

В случае ошибки PQescapeIdentifier возвращает NULL, и в объект *conn* помещается соответствующее сообщение.

> **Подсказка**
>
> Как и в случае со строковыми литералами, для того чтобы предотвратить атаки с помощью SQL-инъекций, SQL-идентификаторы должны экранироваться, когда они получены из ненадёжного источника.

PQescapeStringConn

```
size_t PQescapeStringConn(PGconn *conn,
                          char *to, const char *from, size_t length,
                          int *error);
```

PQescapeStringConn экранирует строковые литералы наподобие PQescapeLiteral. Но, в отличие от PQescapeLiteral, за предоставление буфера надлежащего размера отвечает вызывающая функция. Более того, PQescapeStringConn не добавляет одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL; они должны быть включены в SQL-команду, в которую вставляется результирующая строка. Параметр *from* указывает на первый символ строки, которая должна экранироваться, а параметр *length* задаёт число байт в этой строке. Завершающий нулевой байт не требуется и не должен учитываться в параметре *length*. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны *length* байт, то PQescapeStringConn останавливается на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает strncpy.) Параметр *to* должен указывать на буфер, который сможет вместить как минимум на один байт больше, чем предписывает удвоенное значение параметра *length*, в противном случае поведение функции не определено. Поведение будет также не определено, если строки *to* и *from* перекрываются.

Если параметр *error* не равен NULL, тогда значение *error устанавливается равным нулю в случае успешной работы и не равным нулю в случае ошибки. В настоящее время единственным возможным условием возникновения ошибки является неверная мультибайтовая кодировка в исходной строке. Выходная строка формируется даже при наличии ошибки, но можно ожидать, что сервер отвергнет её как неверно сформированную. В случае ошибки в объект *conn* записывается соответствующее сообщение независимо от того, равно ли NULL значение параметра *error*.

PQescapeStringConn возвращает число байт, записанных по адресу *to*, не включая завершающий нулевой байт.

PQescapeString

PQescapeString является более старой, не рекомендованной к использованию версией функции PQescapeStringConn.

```
size_t PQescapeString (char *to, const char *from, size_t length);
```

Единственное отличие от PQescapeStringConn состоит в том, что у функции PQescapeString нет параметров PGconn и *error*. Поэтому она не может скорректировать своё поведение в зависимости от свойств подключения (таких, как кодировка символов) и, следовательно, *она может выдавать неверные результаты*. Также она не имеет возможности сообщить об ошибках.

PQescapeString может безопасно использоваться в клиентских программах, которые работают лишь с одним подключением к PostgreSQL за один раз (в этом случае функция может найти то, что ей нужно знать, «за кулисами»). В других контекстах её использование несёт угрозу безопасности и его следует избегать в пользу применения функции PQescapeStringConn.

PQescapeByteaConn

Экранирует двоичные данные для их использования внутри SQL-команды с типом данных bytea. Как и в случае с PQescapeStringConn, эта функция применяется только тогда, когда данные вставляются непосредственно в строку SQL-команды.

```
unsigned char *PQescapeByteaConn(PGconn *conn,
                                 const unsigned char *from,
                                 size_t from_length,
                                 size_t *to_length);
```

Байты, имеющие определённые значения, должны экранироваться, когда они используются внутри литерала, имеющего тип bytea, в SQL-операторе. PQescapeByteaConn экранирует байты, используя либо hex-кодирование, либо экранирование с помощью обратной косой черты. См. Раздел 8.4 для получения дополнительной информации.

Параметр *from* указывает на первый байт строки, которая должна экранироваться, а параметр *from_length* задаёт число байт в этой двоичной строке. (Завершающий нулевой байт не нужен и не учитывается.) Параметр *to_length* указывает на переменную, которая будет содержать длину результирующей экранированной строки. Эта длина включает завершающий нулевой байт результирующей строки.

PQescapeByteaConn возвращает экранированную версию двоичной строки, на которую указывает параметр *from*, и размещает её в памяти, распределённой с помощью malloc(). Эта память должна быть освобождена с помощью функции PQfreemem(), когда результирующая строка больше не нужна. В возвращаемой строке все специальные символы заменены так, чтобы синтаксический анализатор литеральных строк PostgreSQL и функция ввода для типа bytea могли обработать их надлежащим образом. Завершающий нулевой байт также добавляется. Одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL, не являются частью результирующей строки.

В случае ошибки возвращается нулевой указатель, и соответствующее сообщение об ошибке записывается в объект *conn*. В настоящее время единственной возможной ошибкой может быть нехватка памяти для результирующей строки.

PQescapeBytea

PQescapeBytea является устаревшей и не рекомендуемой к использованию версией функции PQescapeByteaConn.

```
unsigned char *PQescapeBytea(const unsigned char *from,
                             size_t from_length,
                             size_t *to_length);
```

Единственное отличие от PQescapeByteaConn состоит в том, что у функции PQescapeBytea нет параметра PGconn. Поэтому PQescapeBytea может безопасно использоваться в клиентских программах, которые работают лишь с одним подключением к PostgreSQL в один момент времени (в этом случае функция может узнать то, что ей нужно, «за кулисами»). Она *может выдавать неверные результаты* при использовании в программах, которые устанавливает несколько подключений к базам данных (в таких случаях используйте PQescapeByteaConn).

PQunescapeBytea

Преобразует строковое представление двоичных данных в двоичные данные — является обратной функцией к функции PQescapeBytea. Она нужна, когда данные типа bytea извлекаются в текстовом формате, но не когда они извлекаются в двоичном формате.

```
unsigned char *PQunescapeBytea(const unsigned char *from, size_t *to_length);
```

Параметр *from* указывает на строку, такую, какую могла бы возвратить функция PQgetvalue, применённая к столбцу типа bytea. PQunescapeBytea преобразует это строковое представление в его двоичное представление. Она возвращает указатель на буфер, выделенный функцией malloc(), или NULL в случае ошибки и помещает размер буфера по адресу *to_length*. Когда результат не будет нужен, необходимо освободить его память, вызвав PQfreemem.

Это преобразование не является точной инверсией для PQescapeBytea, поскольку ожидается, что строка, полученная от PQgetvalue, не будет «экранированной». В частности, это означает, что учитывать режим спецпоследовательностей не нужно, и поэтому в параметре PGconn нет необходимости.

33.4. Асинхронная обработка команд

Функция PQexec хорошо подходит для отправки команд серверу в нормальных, синхронных приложениях. Однако она имеет ряд недостатков, которые могут иметь значение для некоторых пользователей:

- PQexec ожидает завершения выполнения команды. Однако приложение может быть занято чем-то другим (например, обрабатывать активность в пользовательском интерфейсе), в таком случае блокировка приложения в ожидании ответа будет нежелательной.
- Поскольку выполнение клиентского приложения приостанавливается, пока оно ожидает результата, то приложению трудно решить, что оно хотело бы попытаться отменить выполняющуюся команду. (Это можно сделать из обработчика сигнала, но никак иначе.)
- PQexec может возвратить только одну структуру PGresult. Если отправленная серверу командная строка содержит несколько SQL-команд, функция PQexec отбрасывает все результаты PGresult, кроме последнего.
- PQexec всегда собирает все результаты выполнения команды, буферизуя их в единственной структуре PGresult. В то время как для приложения это упрощает логику обработки ошибок, это может быть непрактично, когда результат содержит много строк.

Приложения, которым эти ограничения не подходят, могут вместо PQexec использовать функции, на которых она базируется, PQsendQuery и PQgetResult. Есть также функции PQsendQueryParams, PQsendPrepare, PQsendQueryPrepared, PQsendDescribePrepared и PQsendDescribePortal, которые в сочетании с PQgetResult действуют аналогично функциям PQexecParams, PQprepare, PQexecPrepared, PQdescribePrepared и PQdescribePortal, соответственно.

PQsendQuery

Отправляет команду серверу, не ожидая получения результата. Если команда была отправлена успешно, то функция возвратит значение 1, в противном случае она возвратит 0 (тогда нужно воспользоваться функцией PQerrorMessage для получения дополнительной информации о сбое).

```
int PQsendQuery(PGconn *conn, const char *command);
```

После успешного вызова PQsendQuery вызовите PQgetResult один или несколько раз, чтобы получить результаты. Функцию PQsendQuery нельзя вызвать повторно (на том же самом соединении) до тех пор, пока PQgetResult не вернёт нулевой указатель, означающий, что выполнение команды завершено.

PQsendQueryParams

Отправляет серверу команду и обособленные параметры, не ожидая получения результатов.

```
int PQsendQueryParams(PGconn *conn,
                      const char *command,
                      int nParams,
                      const Oid *paramTypes,
                      const char * const *paramValues,
                      const int *paramLengths,
                      const int *paramFormats,
                      int resultFormat);
```

Эта функция эквивалентна функции PQsendQuery, за исключением того, что параметры запроса можно указать отдельно от самой строки запроса. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQexecParams. Аналогично функции PQexecParams, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0; также она позволяет включить только одну команду в строку запроса.

PQsendPrepare

Посылает запрос на создание подготовленного оператора с данными параметрами и не дожидается завершения его выполнения.

```
int PQsendPrepare(PGconn *conn,
                  const char *stmtName,
                  const char *query,
                  int nParams,
                  const Oid *paramTypes);
```

Это асинхронная версия функции PQprepare. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию PQgetResult, чтобы определить, создал ли сервер подготовленный оператор. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQprepare. Как и PQprepare, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

PQsendQueryPrepared

Посылает запрос на выполнение подготовленного оператора с данными параметрами, не ожидая получения результата.

```
int PQsendQueryPrepared(PGconn *conn,
                        const char *stmtName,
                        int nParams,
                        const char * const *paramValues,
                        const int *paramLengths,
                        const int *paramFormats,
                        int resultFormat);
```

Эта функция подобна функции PQsendQueryParams, но выполняемую команду определяет не текст запроса, а ссылка на предварительно подготовленный оператор. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQexecPrepared. Аналогично функции PQexecPrepared, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

PQsendDescribePrepared

Отправляет запрос на получение информации об указанном подготовленном операторе и не дожидается завершения выполнения запроса.

```
int PQsendDescribePrepared(PGconn *conn, const char *stmtName);
```

Это асинхронная версия функции PQdescribePrepared. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию PQgetResult для получения результата. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQdescribePrepared. Аналогично функции PQdescribePrepared, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

PQsendDescribePortal

Отправляет запрос на получение информации об указанном портале и не дожидается завершения выполнения запроса.

```
int PQsendDescribePortal(PGconn *conn, const char *portalName);
```

Это асинхронная версия функции PQdescribePortal. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию PQgetResult для получения результата. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция PQdescribePortal. Аналогично функции PQdescribePortal, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

PQgetResult

Ожидает получения следующего результата после предшествующего вызова PQsendQuery, PQsendQueryParams, PQsendPrepare, PQsendQueryPrepared, PQsendDescribePrepared или PQsendDescribePortal и возвращает его. Когда команда завершена и результатов больше не будет, возвращается нулевой указатель.

```
PGresult *PQgetResult(PGconn *conn);
```

Функция PQgetResult должна вызываться повторно до тех пор, пока она не вернёт нулевой указатель, означающий, что команда завершена. (Если она вызвана, когда нет ни одной активной команды, тогда PQgetResult просто возвратит нулевой указатель сразу же.) Каждый ненулевой результат, полученный от PQgetResult, должен обрабатываться с помощью тех же самых функций доступа к структуре PGresult, которые были описаны выше. Не забывайте освобождать память, занимаемую каждым результирующим объектом, с помощью функции PQclear когда работа с этим объектом закончена. Обратите внимание, что PQgetResult заблокируется, только если какая-либо команда активна, а необходимые ответные данные ещё не были прочитаны функцией PQconsumeInput .

Примечание

Даже когда PQresultStatus показывает критическую ошибку, всё равно следует вызывать функцию PQgetResult до тех пор, пока она не возвратит нулевой указатель, чтобы позволить libpq полностью обработать информацию об ошибке.

Использование PQsendQuery и PQgetResult решает одну из проблем PQexec: если строка запроса содержит несколько SQL-команд, то результаты каждой из них можно получить индивидуально. (Между прочим, это позволяет организовать частичное совмещение обработки: клиент может обрабатывать результаты одной команды, в то время как сервер ещё работает с более поздними запросами, содержащимися в той же строке.)

Ещё одной часто требующейся функциональной возможностью, которую можно получить с помощью PQsendQuery и PQgetResult, является извлечение больших выборок по одной строке за раз. Это обсуждается в Разделе 33.5.

Сам по себе вызов PQgetResult всё же приведёт к блокировке клиента до тех пор, пока сервер не завершит выполнение следующей SQL-команды. Этого можно избежать с помощью надлежащего использования ещё двух функций:

PQconsumeInput

Если сервер готов передать данные, принять их.

```
int PQconsumeInput(PGconn *conn);
```

PQconsumeInput обычно возвращает 1, показывая, что «ошибки нет», но возвращает 0, если имела место какая-либо проблема (в таком случае можно обратиться к функции PQerrorMessage за уточнением). Обратите внимание, что результат не говорит, были ли какие-либо входные данные фактически собраны. После вызова функции PQconsumeInput приложение может проверить PQisBusy и/или PQnotifies, чтобы посмотреть, не изменилось ли их состояние.

PQconsumeInput можно вызвать, даже если приложение ещё не готово иметь дело с результатом или уведомлением. Функция прочитает доступные данные и сохранит их в буфере, при этом обрабатывая условие готовности к чтению функции select(). Таким образом, приложение может использовать PQconsumeInput >, чтобы немедленно обработать это состояние select(), а изучать результаты позже.

PQisBusy

Возвращает 1, если команда занята работой, то есть функция PQgetResult в случае вызова будет заблокирована в ожидании ввода. Возвращаемое значение 0 показывает, что функция PQgetResult при её вызове гарантированно не будет заблокирована.

```
int PQisBusy(PGconn *conn);
```

Функция PQisBusy сама не будет пытаться прочитать данные с сервера, поэтому, чтобы выйти из занятого состояния, необходимо вызвать PQconsumeInput , .

В типичном приложении, использующем эти функции, будет главный цикл, в котором с применением функций select() или poll() организуется ожидание всех условий, на которые нужно реагировать в этом цикле. Одним из условий будет поступление на вход данных от сервера, что в терминах функции select() означает наличие данных, которые можно прочитать через файловый дескриптор, выдаваемый функцией PQsocket. Когда в главном цикле обнаруживаются готовые входные данные, следует вызвать PQconsumeInput , чтобы прочитать их. После этого можно вызвать PQisBusy, и если в результате получен 0 (что свидетельствует о свободном состоянии), затем вызвать PQgetResult. В главном цикле также можно вызвать PQnotifies, чтобы проверить сообщения NOTIFY (см. Раздел 33.8).

Клиент, который использует PQsendQuery/PQgetResult, может также попытаться отменить команду, которая всё ещё обрабатывается сервером; см. Раздел 33.6. Но независимо от возвращаемого значения функции PQcancel, приложение должно продолжать обычную последовательность операций чтения результатов запроса, вызывая PQgetResult. В случае успешной отмены команда просто завершится раньше, чем она завершилась бы, выполняясь до конца.

Используя функции, описанные выше, можно избежать блокирования, ожидая ввода от сервера баз данных. Однако всё же возможно, что приложение будет заблокировано в ожидании отправки вывода на сервер. Это бывает относительно нечасто, но может иметь место, если отправлены очень длинные SQL-команды или значения данных. (Однако это значительно более вероятно, если приложение отправляет данные через команду COPY IN.) Чтобы предотвратить эту возможность и достичь совершенно неблокирующего режима работы с базой данных, можно использовать следующие дополнительные функции.

PQsetnonblocking

Устанавливает неблокирующий статус подключения.

```
int PQsetnonblocking(PGconn *conn, int arg);
```

Устанавливает состояние подключения как неблокирующее, если *arg* равен 1, или блокирующее, если *arg* равен 0. Возвращает 0 в случае успешного завершения и -1 в случае ошибки.

В неблокирующем состоянии успешные вызовы PQsendQuery, PQputline, PQputnbytes, PQputCopyData и PQendcopy не блокируются; изменения сохраняются в локальном буфере вывода до тех пор, пока не будут сброшены. Неудачные вызовы возвращают ошибку, и их придётся повторить.

Обратите внимание, что функция PQexec не соблюдает неблокирующий режим. Если она вызывается, она всё равно работает в блокирующем режиме.

PQisnonblocking

Возвращает режим блокирования для подключения базы данных.

```
int PQisnonblocking(const PGconn *conn);
```

Возвращает 1, если подключение установлено в неблокирующем режиме, и 0, если режим блокирующий.

PQflush

Пытается сбросить любые выходные данные, стоящие в очереди, на сервер. Возвращает 0 в случае успеха (или если очередь на отправку пуста), -1 в случае сбоя по какой-либо причине или 1, если она ещё не смогла отправить все данные, находящиеся в очереди (этот случай может иметь место, только если соединение неблокирующее).

```
int PQflush(PGconn *conn);
```

После отправки любой команды или данных через неблокирующее подключение следует вызвать функцию PQflush. Если она возвратит 1, подождите, пока сокет станет готовым к чтению или записи. Если он станет готовым к записи, снова вызовите PQflush. Если он станет готовым к чтению, вызовите PQconsumeInput , а затем вновь вызовите PQflush. Повторяйте до тех пор, пока PQflush не возвратит 0. (Необходимо выполнять проверку на состояние готовности к чтению и забирать входные данные с помощью PQconsumeInput , потому что сервер может заблокироваться, пытаясь отправить нам данные, например, сообщения NOTICE, и не будет читать наши данные до тех пор, пока мы не прочитаем его.) Как только PQflush возвратит 0, подождите, пока сокет не станет готовым к чтению, а затем прочитайте ответ, как описано выше.

33.5. Построчное извлечение результатов запроса

Обычно libpq собирает весь результат выполнения SQL-команды и возвращает его приложению в виде единственной структуры PGresult. Это может оказаться неприемлемым для команд, которые возвращают большое число строк. В таких случаях приложение может воспользоваться функциями PQsendQuery и PQgetResult в *однострочном режиме*. В этом режиме результирующие строки передаются приложению по одной за один раз, по мере того, как они принимаются от сервера.

Для того чтобы войти в однострочный режим, вызовите PQsetSingleRowMode сразу же после успешного вызова функции PQsendQuery (или родственной функции). Выбор этого режима действителен только для запроса, исполняемого в данный момент. Затем повторно вызывайте функцию PQgetResult до тех пор, пока она не возвратит null, как описано в Раздел 33.4. Если запрос возвращает какое-то число строк, то они возвращаются в виде индивидуальных объектов PGresult, которые выглядят, как обычные выборки, за исключением того, что их код статуса будет PGRES_SINGLE_TUPLE вместо PGRES_TUPLES_OK. После последней строки (или сразу же, если запрос не возвращает ни одной строки) будет возвращён объект, не содержащий ни одной строки и имеющий статус PGRES_TUPLES_OK; это сигнал о том, что строк больше не будет. (Но обратите внимание, что всё же необходимо продолжать вызывать функцию PQgetResult, пока она не возвратит null.) Все эти объекты PGresult будут содержать те же самые описательные данные (имена столбцов, типы и т. д.), которые имел бы обычный объект PGresult. Память, занимаемую каждым объектом, нужно освобождать с помощью PQclear, как обычно.

PQsetSingleRowMode

Выбирает однострочный режим для текущего выполняющегося запроса.

```
int PQsetSingleRowMode(PGconn *conn);
```

Эту функцию можно вызывать только непосредственно после функции PQsendQuery или одной из её родственных функций, до выполнения любой другой операции через это подключение, такой, как PQconsumeInput или PQgetResult. Если вызвать её в подходящий момент, функция активирует однострочный режим для текущего запроса и возвращает 1. В противном случае режим остаётся прежним, а функция возвращает 0. Режим в любом случае сбрасывается по завершении текущего запроса.

> **Внимание**
>
> В процессе обработки запроса сервер может возвратить некоторое количество строк, а затем столкнуться с ошибкой, вынуждающей его аварийно завершить запрос. Обычно libpq отбрасывает такие строки и сообщает только об ошибке. Но в однострочном режиме эти строки уже будут возвращены приложению. Следовательно, приложение увидит ряд объектов PGresult, имеющих статус PGRES_SINGLE_TUPLE, за которыми последует объект со статусом PGRES_FATAL_ERROR. Для обеспечения надлежащего поведения транзакций приложение должно быть спроектировано таким образом, чтобы отбрасывать или отменять все операции, проведённые с уже обработанными строками, если запрос в конечном итоге завершается сбоем.

33.6. Отмена запросов в процессе выполнения

Клиентское приложение может запросить отмену команды, которая ещё обрабатывается сервером, используя функции, описанные в этом разделе.

PQgetCancel

Создаёт структуру данных, содержащую информацию, необходимую для отмены команды, запущенной через конкретное подключение к базе данных.

```
PGcancel *PQgetCancel(PGconn *conn);
```

Функция PQgetCancel создаёт объект PGcancel, получив объект PGconn, описывающий подключение. Она возвратит NULL, если параметр *conn* равен NULL или представляет недействительное подключение. Объект PGcancel является непрозрачной структурой, которая не предназначена для того, чтобы приложение обращалось к ней напрямую; её можно только передавать функции PQcancel или PQfreeCancel.

PQfreeCancel

Освобождает память, занимаемую структурой данных, созданной функцией PQgetCancel.

```
void PQfreeCancel(PGcancel *cancel);
```

PQfreeCancel освобождает память, занимаемую объектом, предварительно созданным функцией PQgetCancel.

PQcancel

Требует, чтобы сервер прекратил обработку текущей команды.

```
int PQcancel(PGcancel *cancel, char *errbuf, int errbufsize);
```

Возвращаемое значение равно 1, если запрос на отмену был успешно отправлен, и 0 в противном случае. В случае неудачной отправки *errbuf* заполняется пояснительным сообщением об ошибке. *errbuf* должен быть массивом символов, имеющим размер *errbufsize* (рекомендуемый размер составляет 256 байт).

Успешная отправка ещё не является гарантией того, что запрос будет иметь какой-то эффект. Если отмена сработала, текущая команда завершится досрочно и возвратит в качестве результата ошибку. Если же отмена не получится (например, потому, что сервер уже завершил обработку команды), тогда вообще не будет видимого результата.

PQcancel можно безопасно вызывать из обработчика сигнала, если *errbuf* является локальной переменной в обработчике сигнала. Объект PGcancel доступен только в режиме чтения, пока речь идёт о функции PQcancel, поэтому её можно также вызывать из потока, отдельного от того, который управляет объектом PGconn.

PQrequestCancel

PQrequestCancel является устаревшим аналогом функции PQcancel.

```
int PQrequestCancel(PGconn *conn);
```

Выдаёт запрос на то, чтобы сервер прекратил обработку текущей команды. Функция работает напрямую с объектом PGconn и в случае сбоя сохраняет сообщение об ошибке в объекте PGconn (откуда его можно извлечь с помощью PQerrorMessage). Хотя функциональность та же самая, этот подход создаёт риски для многопоточных программ и обработчиков сигналов, поскольку перезапись сообщения об ошибке, хранящегося в объекте PGconn, может помешать ходу операции, выполняемой через данное подключение.

33.7. Интерфейс быстрого пути

PostgreSQL предоставляет интерфейс для передачи серверу простых вызовов функций по быстрому пути.

> **Подсказка**
>
> Этот интерфейс несколько устарел, поскольку можно достичь подобной производительности и большей функциональности путём создания подготовленного оператора, определяющего вызов функции. Последующее выполнение этого оператора с передачей параметров и результатов в двоичном виде можно считать заменой вызову по быстрому пути.

Функция PQfnзапрашивает выполнение серверной функции посредством интерфейса быстрого доступа:

```
PGresult *PQfn(PGconn *conn,
               int fnid,
               int *result_buf,
               int *result_len,
               int result_is_int,
               const PQArgBlock *args,
               int nargs);

typedef struct
{
    int len;
    int isint;
    union
    {
        int *ptr;
        int integer;
    } u;
} PQArgBlock;
```

Аргумент *fnid* представляет собой OID функции, которая подлежит выполнению. *args* и *nargs* определяют параметры, которые должны быть переданы этой функции; они должны соответствовать списку аргументов объявленной функции. Когда поле *isint* структуры, передаваемой в качестве параметра, имеет значение true, тогда значение *u.integer* передаётся серверу в виде целого числа указанной длины (это должно быть 2 или 4 байта); при этом устанавливается нужный порядок байтов. Когда *isint* имеет значение false, тогда указанное число байт по адресу **u.ptr* отправляется без какой-либо обработки; данные должны быть представлены в формате, которого ожидает сервер для передачи в двоичном виде данных того типа, что и аргументы функции. (Объявление поля *u.ptr*, как имеющего тип `int *`, является историческим; было бы лучше рассматривать его как тип `void *`.) *result_buf* указывает на буфер, в который должно быть помещено возвращаемое значение функции. Вызывающий код должен выделить достаточное место для сохранения возвращаемого значения. (Это никак не проверяется!) Фактическая длина результирующего значения в байтах будет возвращена в переменной целого типа, на которую указывает *result_len*. Если ожидается получение двух- или четырёхбайтового целочисленного результата, то присвойте параметру *result_is_int* значение 1, в противном случае назначьте ему 0. Когда параметр *result_is_int* равен 1, libpq переставляет байты в передаваемом значении, если это необходимо, так, чтобы оно было доставлено на клиентскую машину в виде правильного значения типа `int`; обратите внимание, что по адресу **result_buf* доставляется четырёхбайтовое целое для любого допустимого размера результата. Когда *result_is_int* равен 0, тогда строка байтов в двоичном формате, отправленная сервером, будет возвращена немодифицированной. (В этом случае лучше рассматривать *result_buf* как имеющий тип `void *`.)

`PQfn` всегда возвращает действительный указатель на объект `PGresult` со статусом `PGRES_COMMAND_OK` при успешном выполнении функции или `PGRES_FATAL_ERROR`, если произошла какая-то ошибка. Перед использованием результата нужно сначала проверить его статус. Вызывающая функция отвечает за освобождение памяти, занимаемой объектом `PGresult`, когда он больше не нужен, с помощью `PQclear`.

Чтобы передать функции аргумент NULL, запишите в поле *len* этой структуры значение `-1`; поля *isint* и *u* в этом случае не важны. (Но это работает только при подключении по протоколу 3.0 и новее.)

Если функция возвращает NULL, в **result_len* записывается `-1`, а **result_buf* не изменяется. (Это работает только при подключении по протоколу 3.0 и новее; в протоколе 2.0 ни **result_len*, ни **result_buf* не изменяется.)

Обратите внимание, что при использовании этого интерфейса невозможно обработать множества значений в результате. Кроме того, функция должна быть обычной функцией, а не процедурой, агрегатной или оконной функцией.

33.8. Асинхронное уведомление

PostgreSQL предлагает асинхронное уведомление посредством команд `LISTEN` и `NOTIFY`. Клиентский сеанс работы регистрирует свою заинтересованность в конкретном канале уведомлений с помощью команды `LISTEN` (и может остановить прослушивание с помощью команды `UNLISTEN`). Все сеансы, прослушивающие конкретный канал, будут уведомляться в асинхронном режиме, когда в рамках любого сеанса команда `NOTIFY` выполняется с параметром, указывающим имя этого канала. Для передачи дополнительных данных прослушивающим сеансам может использоваться строка «payload».

Приложения, использующие libpq, отправляют серверу команды `LISTEN`, `UNLISTEN` и `NOTIFY` как обычные SQL-команды. Поступление сообщений от команды `NOTIFY` можно впоследствии отследить с помощью функции `PQnotifies`.

Функция `PQnotifies` возвращает следующее уведомление из списка необработанных уведомительных сообщений, полученных от сервера. Она возвращает нулевой указатель, если нет уведомлений, ожидающих обработки. Как только уведомление возвращено из функции `PQnotifies`, оно считается обработанным и будет удалено из списка уведомлений.

```
PGnotify *PQnotifies(PGconn *conn);

typedef struct pgNotify
{
    char *relname;              /* имя канала уведомлений */
    int  be_pid;                /* ID серверного процесса, посылающего уведомление */
    char *extra;                /* строка сообщения в уведомлении */
```

```
} PGnotify;
```

После обработки объекта PGnotify, возвращённого функцией PQnotifies, обязательно освободите память, занимаемую им, с помощью функции PQfreemem. Достаточно освободить указатель на PGnotify; поля relname и extra не представляют отдельных областей памяти. (Имена этих полей являются таковыми по историческим причинам; в частности, имена каналов не обязаны иметь ничего общего с именами реляционных отношений.)

Пример 33.2 представляет пример программы, иллюстрирующей использование асинхронного уведомления.

Функция PQnotifies в действительности не читает данные с сервера; она просто возвращает сообщения, предварительно собранные другой функцией библиотеки libpq. В очень старых выпусках libpq обеспечить своевременное получения сообщений от команды NOTIFY можно было только одним способом — постоянно отправлять команды, пусть даже пустые, а затем проверять PQnotifies после каждого вызова PQexec. Хотя этот метод всё ещё работает, он считается устаревшим ввиду неэффективного использования процессора.

Более удачным способом проверки наличия сообщений от команды NOTIFY, когда у вас нет полезных команд для выполнения, является вызов функции PQconsumeInput с последующей проверкой PQnotifies. Вы можете использовать select(), чтобы подождать прибытия данных с сервера, не занимая тем самым ресурсы CPU в отсутствие задач для выполнения. (Получить номер дескриптора для использования с select() можно с помощью функции PQsocket.) Заметьте, что это будет работать независимо от того, отправляете ли вы команды, используя PQsendQuery/PQgetResult, или просто вызываете PQexec. Однако важно не забывать проверять PQnotifies после каждого вызова PQgetResult или PQexec, чтобы увидеть, не поступили ли какие-либо уведомления в процессе обработки команды.

33.9. Функции, связанные с командой COPY

Команда COPY в PostgreSQL имеет возможность читать и записывать данные через сетевое подключение, установленное libpq. Описанные в этом разделе функции позволяют приложениям воспользоваться этой возможностью для передачи или приёма копируемых данных.

Общая процедура такова: сначала приложение выдаёт SQL-команду COPY, вызывая PQexec или одну из подобных функций. В ответ оно должно получить (если не возникла ошибка) объект PGresult с кодом состояния PGRES_COPY_OUT или PGRES_COPY_IN (в зависимости от направления копирования). Затем приложение должно использовать функции, описанные в этом разделе, и принимать или передавать строки данных. По завершении передачи возвращается ещё один объект PGresult, сообщающий о состоянии завершения передачи. В случае успеха он содержит код состояния PGRES_COMMAND_OK, а если возникает какая-то проблема — PGRES_FATAL_ERROR. После этого можно продолжать выполнять SQL-команды через PQexec. (Пока операция COPY не завершена, выполнять другие SQL-команды через то же подключение нельзя.)

Если команда COPY была выполнена через PQexec в строке, содержащей дополнительные команды, приложение должно продолжать получать результаты через PQgetResult после завершения последовательности COPY. Только когда PQgetResult возвращает NULL, можно с уверенностью считать, что переданные PQexec команды выполнены полностью, и безопасно передавать другие команды.

Функции, описанные в этом разделе, должны выполняться только после получения кода состояния PGRES_COPY_OUT или PGRES_COPY_IN от функции PQexec или PQgetResult.

Объект PGresult с таким кодом состояния содержит дополнительные данные о начавшейся операции COPY. Эти данные можно получить функциями, также применяющимися при обработке результатов запроса:

PQnfields

Возвращает число копируемых столбцов (полей).

`PQbinaryTuples`

Значение 0 указывает, что для всей операции копирования применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат. За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

`PQfformat`

Возвращает код формата (0 — текстовый, 1 — двоичный), связанный с каждым копируемым столбцом. Коды форматов столбцов всегда будут нулевыми, если общий формат копирования — текстовый, но с двоичным форматом поддерживаются и текстовые, и двоичные столбцы. (Однако в текущей реализации `COPY` при двоичном копировании столбцы могут быть только двоичными, так что форматы столбцов должны всегда соответствовать общему формату.)

> **Примечание**
>
> Эти дополнительные значения данных доступны только при использовании протокола 3.0. С протоколом 2.0 все эти функции возвращают 0.

33.9.1. Функции для передачи данных COPY

Эти функции применяются для передачи данных при операции `COPY FROM STDIN`. Они не будут работать, если подключение находится не в состоянии `COPY_IN`.

`PQputCopyData`

Отправляет данные на сервер, когда активно состояние `COPY_IN`.

```
int PQputCopyData(PGconn *conn,
                  const char *buffer,
                  int nbytes);
```

Передаёт серверу данные `COPY` из указанного буфера (*`buffer`*), длиной *`nbytes`* байт. Она возвращает 1, если данные были переданы, 0, если они не попали в очередь, так как буферы были заполнены (это возможно только в неблокирующем режиме), или -1, если произошла ошибка. (Если возвращено -1, подробности ошибки можно узнать, вызвав `PQerrorMessage`. Если получен 0, дождитесь состояния готовности к записи и повторите попытку.)

Приложение может разделять поток данных `COPY` на буферизуемые блоки любого удобного размера. Границы буфера не имеют семантического значения при передаче. Содержимое потока данных должно соответствовать формату данных, ожидаемому командой `COPY`; за подробностями обратитесь к COPY.

`PQputCopyEnd`

Отправляет признак конца данных на сервер, когда активно состояние `COPY_IN`.

```
int PQputCopyEnd(PGconn *conn,
                 const char *errormsg);
```

Завершает операцию `COPY_IN` с успешным результатом, если в *`errormsg`* передаётся `NULL`. Если *`errormsg`* не `NULL`, команда `COPY` будет завершена с ошибкой, а сообщением об ошибке будет строка, переданная в *`errormsg`*. (Однако не следует полагать, что именно это сообщение будет получено от сервера назад, так как сервер мог уже прервать операцию `COPY` по своим причинам. Также заметьте, что принудительный вызов ошибки не работает с соединениями по протоколу версии до 3.0.)

Эта функция возвращает 1, если сообщение завершения было передано; в неблокирующем режиме это означает только, что сообщение завершения успешно поставлено в очередь. (Чтобы удостовериться, что данные были успешно отправлены в неблокирующем режиме, следует дождаться готовности к записи и вызывать PQflush в цикле, пока она не вернёт ноль.) Нулевой результат означает, что функция не смогла поставить сообщение завершения в очередь по причине заполнения буферов; это возможно только в неблокирующем режиме. (В этом случае нужно дождаться готовности к записи и попытаться вызвать PQputCopyEnd снова.) Если действительно происходит ошибка, возвращается -1; получить её подробности можно, вызвав PQerrorMessage.

После успешного вызова PQputCopyEnd вызовите PQgetResult, чтобы узнать окончательный результат команды COPY. Ожидать появления этого результата можно обычным образом. Затем вернитесь к обычным операциям.

33.9.2. Функции для приёма данных COPY

Эти функции применяются для получения данных при операции COPY TO STDOUT. Они не будут работать, если подключение находится не в состоянии COPY_OUT.

PQgetCopyData

Принимает данные от сервера, когда активно состояние COPY_OUT.

```
int PQgetCopyData(PGconn *conn,
                  char **buffer,
                  int async);
```

Запрашивает следующую строку данных с сервера в процессе операции COPY. Данные всегда возвращаются строка за строкой; если поступила только часть строки, она не возвращается. Успешное получение строки данных подразумевает выделение блока памяти для этих данных. В параметре *buffer* ей передаётся указатель, отличный от NULL. По адресу **buffer* записывается указатель на выделенную память, либо NULL, когда буфер не возвращается. Если буфер результата отличен от NULL, его следует освободить, когда он станет не нужен, вызвав PQfreemem.

Когда строка получена успешно, возвращается число байт данных в этой строке (это число всегда больше нуля). Возвращаемое строковое значение всегда завершается нулём, хотя это полезно, вероятно, только для текстовой COPY. Нулевой результат означает, что операция COPY продолжает выполняться, но строка ещё не готова (это возможно, только когда параметр *async* равен true). Возвращённое значение -1 означает, что команда COPY завершена, а -2 показывает, что произошла ошибка (её причину можно узнать с помощью PQerrorMessage).

Когда параметр *async* отличен от нуля (признак установлен), функция PQgetCopyData не будет блокироваться, ожидая данных; она возвратит ноль, если выполнение COPY продолжается, но полная строка ещё не получена. (В этом случае нужно дождаться готовности к чтению и затем вызвать PQconsumeInput , прежде чем вызывать PQgetCopyData ещё раз.) Когда *async* равен нулю (признак не установлен), PQgetCopyData будет заблокирована до поступления данных или окончания операции.

Когда PQgetCopyData возвращает -1, вызовите PQgetResult, чтобы узнать окончательный результат команды COPY. Ожидать появления этого результата можно обычным образом. Затем вернитесь к обычным операциям.

33.9.3. Устаревшие функции для COPY

Эти функции представляют старые методы выполнения операции COPY. Хотя они продолжают работать, они признаны устаревшими из-за плохой обработки ошибок, неудобных способов обнаружения конца данных и отсутствия поддержки двоичных или неблокирующих передач.

PQgetline

Читает передаваемую сервером строку символов, завершающуюся символом новой строки, в буфер (buffer) размера *length*.

```
int PQgetline(PGconn *conn,
              char *buffer,
```

```
              int length);
```

Эта функция копирует *length*-1 символов в буфер и преобразует символ конца строки в нулевой байт. PQgetline возвращает EOF в конце ввода, 0, если была прочитана вся строка, и 1, если буфер заполнен, но завершающий символ конца строки ещё не прочитан.

Заметьте, что приложение должно проверить, не состоит ли новая строка в точности из двух символов \., что будет означать, что сервер завершил передачу результатов команды COPY. Если приложение может принимать строки длиннее *length*-1 символов, необходимо позаботиться о том, чтобы оно корректно распознавало строку \. (а не воспринимало, например, конец длинной строки данных как завершающую строку).

PQgetlineAsync

Читает передаваемую сервером строку данных COPY в буфер без блокировки.

```
int PQgetlineAsync(PGconn *conn,
                   char *buffer,
                   int bufsize);
```

Эта функция похожа на PQgetline, но может применяться в приложениях, которые должны читать данные COPY асинхронно, то есть без блокировки. Запустив команду COPY и получив ответ PGRES_COPY_OUT, приложение должно вызывать PQconsumeInput и PQgetlineAsync, пока не будет получен сигнал «конец данных».

В отличие от PQgetline, эта функция сама отвечает за обнаружение конца данных.

При каждом вызове PQgetlineAsync будет возвращать данные, если во входном буфере libpq оказывается полная строка данных. В противном случае никакие данные не возвращаются до поступления остального содержимого строки. Эта функция возвращает -1, если обнаруживается признак завершения копирования, или 0, если данные не получены, или положительное количество возвращённых байт данных. Если возвращается -1, вызывающий код должен затем вызвать PQendcopy и после этого перейти в обычный режим работы.

Возвращаемые данные не будут пересекать границы строк данных. При этом может быть возвращена одна строка целиком. Но если буфер, выделенный вызывающим кодом, оказывается слишком мал для строки, передаваемой сервером, возвращена будет часть строки. Когда передаются текстовые данные, это можно выявить, проверив, содержит ли последний возвращаемый байт символ \n. (Для COPY в двоичном формате потребуется собственно разобрать формат данных COPY, чтобы выявить подобную ситуацию.) Возвращаемая строка не завершается нулём. (Если вы хотите получить строку с нулём в конце, передайте в *bufsize* число на единицу меньше фактического размера блока.)

PQputline

Передаёт серверу строку, завершённую нулём. Возвращает 0 в случае успеха, либо EOF, если передать строку не удаётся.

```
int PQputline(PGconn *conn,
              const char *string);
```

Поток данных COPY, передаваемых последовательностью вызовов PQputline, имеет тот же формат, что возвращает PQgetlineAsync, за исключением того, что приложения не обязательно должны передавать по одной строке данных за вызов PQputline; они могут посылать части строк или сразу несколько строк.

Примечание

До версии 3.0 протокола PostgreSQL приложение должно было явно отправлять два символа \. последней строкой, чтобы сообщить серверу, что оно закончило передачу данных COPY. Хотя это по-прежнему работает, такое поведение считается устаревшим и ожидается, что особое значение `\.` будет исключено в будущих версиях. Сейчас, передав собственно данные, достаточно вызвать `PQendcopy`.

`PQputnbytes`

Передаёт серверу строку, не завершённую нулём. Возвращает 0 в случае успеха, либо `EOF`, если передать строку не удаётся.

```
int PQputnbytes(PGconn *conn,
                const char *buffer,
                int nbytes);
```

Поведение этой функции не отличается от `PQputline`, но её буфер данных не должен содержать завершающий ноль, так как для неё число передаваемых байт задаётся непосредственным образом. Используйте эту функцию для передачи двоичных данных.

`PQendcopy`

Производит синхронизацию с сервером.

```
int PQendcopy(PGconn *conn);
```

Эта функция ожидает завершения копирования сервером. Её следует вызывать, либо когда серверу была передана последняя строка функцией `PQputline`, либо когда от сервера была получена последняя строка функцией `PQgetline`. Если её не вызвать, сервер «потеряет синхронизацию» с клиентом. После завершения этой функции сервер готов принимать следующую команду SQL. В случае успешного завершения возвращается 0, в противном случае — ненулевое значение. (Чтобы получить подробности ошибки при ненулевом значении, вызовите `PQerrorMessage`.)

Вызывая `PQgetResult`, приложение должно обрабатывать результат `PGRES_COPY_OUT`, в цикле выполняя `PQgetline`, а обнаружив завершающую строку, вызвать `PQendcopy`. Затем оно должно вернуться к циклу `PQgetResult` и выйти из него, когда `PQgetResult` возвратит нулевой указатель. Подобным образом, получив результат `PGRES_COPY_IN`, приложение должно выполнить серию вызовов `PQputline`, завершить её, вызвав `PQendcopy`, а затем вернуться к циклу `PQgetResult`. При такой организации обработки команда `COPY` будет корректно выполняться и в составе последовательности команд SQL.

Старые приложения обычно передают команду `COPY` через `PQexec` и рассчитывают, что транзакция будет завершена после `PQendcopy`. Это будет работать, только если команда `COPY` является единственной SQL-командой в строке запроса.

33.10. Функции управления

Эти функции управляют различными аспектами поведения libpq.

`PQclientEncoding`

Возвращает кодировку клиента.

```
int PQclientEncoding(const PGconn *conn);
```

Заметьте, что она возвращает идентификатор кодировки, а не символьную строку вида `EUC_JP`. В случае ошибки она возвращает -1. Преобразовать идентификатор кодировки в имя можно, воспользовавшись следующей функцией:

```
char *pg_encoding_to_char(int encoding_id);
```

`PQsetClientEncoding`

Устанавливает кодировку клиента.

```
int PQsetClientEncoding(PGconn *conn, const char *encoding);
```

В *`conn`* передаётся соединение с сервером, а в *`encoding`* — имя требуемой кодировки. Если функция устанавливает кодировку успешно, она возвращает 0, или -1 в противном случае. Определить текущую кодировку для соединения можно, воспользовавшись функцией PQclientEncoding.

PQsetErrorVerbosity

Определяет уровень детализации сообщений, возвращаемых функциями PQerrorMessage и PQresultErrorMessage.

```
typedef enum
{
    PQERRORS_TERSE,
    PQERRORS_DEFAULT,
    PQERRORS_VERBOSE,
    PQERRORS_SQLSTATE
} PGVerbosity;

PGVerbosity PQsetErrorVerbosity(PGconn *conn, PGVerbosity verbosity);
```

PQsetErrorVerbosity устанавливает режим детализации и возвращает предыдущее значение для соединения. В «лаконичном» режиме (*TERSE*) возвращаемые сообщения содержат только уровень важности, основной текст и позицию; всё это обычно умещается в одной строке. В режиме по умолчанию (*DEFAULT*) выдаваемые сообщения дополнительно содержат поля подробного описания, подсказки или контекста (они могут занимать несколько строк). В «многословном» режиме (*VERBOSE*) передаются все доступные поля сообщения. В режиме *SQLSTATE* выдаётся только уровень важности и код ошибки SQLSTATE, если он имеется (если же его нет, выводится та же информация, что и в режиме *TERSE*).

Изменение уровня детализации не влияет на сообщения, уже сформированные в существующих объектах PGresult, а затрагивает только последующие сообщения. (Но можно воспользоваться PQresultVerboseErrorMessage, чтобы получить предыдущую ошибку с другим уровнем детализации.)

PQsetErrorContextVisibility

Определяет вариант обработки полей CONTEXT в сообщениях, возвращаемых функциями PQerrorMessage и PQresultErrorMessage.

```
typedef enum
{
    PQSHOW_CONTEXT_NEVER,
    PQSHOW_CONTEXT_ERRORS,
    PQSHOW_CONTEXT_ALWAYS
} PGContextVisibility;

PGContextVisibility PQsetErrorContextVisibility(PGconn *conn, PGContextVisibility
 show_context);
```

PQsetErrorContextVisibility устанавливает режим вывода контекста и возвращает предыдущее значение для соединения. Этот режим определяет, будет ли поле CONTEXT включаться в сообщения. В режиме *NEVER* поле CONTEXT не включается никогда, а в режиме *ALWAYS* включается всегда, при наличии. В режиме *ERRORS* (по умолчанию) поле CONTEXT включается только в сообщения об ошибках, но не в замечания и предупреждения. (Однако при уровне детализации *TERSE* или *SQLSTATE* поле CONTEXT опускается вне зависимости от режима вывода контекста.)

Смена этого режима не влияет на сообщения, уже сформированные в существующих объектах PGresult, а затрагивает только последующие сообщения. (Но можно воспользоваться PQresultVerboseErrorMessage>, чтобы получить предыдущую ошибку в другом режиме вывода.)

PQtrace

Включает трассировку клиент-серверного взаимодействия с выводом в поток отладочных сообщений.

```
void PQtrace(PGconn *conn, FILE *stream);
```

> **Примечание**
>
> В Windows, если библиотека libpq и приложение скомпилированы с разными флагами, эта функция может вызвать крах приложения из-за различий внутреннего представления указателей `FILE`. В частности, флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки должны быть одинаковыми для библиотеки и всех использующих её приложений.

`PQuntrace`

Выключает трассировку, запущенную функцией `PQtrace`.

```
void PQuntrace(PGconn *conn);
```

33.11. Функции разного назначения

Как всегда, находятся функции, которые не попадают ни в одну из категорий.

`PQfreemem`

Освобождает память, которую выделила libpq.

```
void PQfreemem(void *ptr);
```

Освобождает память, выделенную библиотекой libpq, а именно функциями `PQescapeByteaConn`, `PQescapeBytea`, `PQunescapeBytea` и `PQnotifies`. Особенно важно использовать именно эту функцию, а не `free()`, в Microsoft Windows. Это связано с тем, что выделение памяти в DLL и освобождение её в приложении будет работать, только если флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки для DLL и приложения полностью совпадают. На других платформах эта функция действует так же, как стандартная библиотечная функция `free()`.

`PQconninfoFree`

Освобождает структуры данных, выделенные функциями `PQconndefaults` и `PQconninfoParse`.

```
void PQconninfoFree(PQconninfoOption *connOptions);
```

Простая функция `PQfreemem` не подойдёт для этого, так как эти структуры содержат ссылки на подчинённые строки.

`PQencryptPasswordConn`

Подготавливает зашифрованную форму пароля PostgreSQL.

```
char *PQencryptPasswordConn(PGconn *conn, const char *passwd, const char *user,
 const char *algorithm);
```

Эта функция предназначена для клиентских приложений, желающих передавать команды вида `ALTER USER joe PASSWORD 'pwd'`. В такой команде лучше не передавать исходный пароль открытым текстом, так как он может появиться в журналах команд, мониторе активности и т. д. Вместо этого воспользуйтесь данной функцией и переведите пароль в зашифрованную форму.

В аргументах *`passwd`* и *`user`* задаётся пароль в открытом виде и SQL-имя пользователя, для которого он задаётся. В аргументе *`algorithm`* задаётся алгоритм для шифрования пароля. В настоящее время поддерживаются алгоритмы `md5` и `scram-sha-256` (в качестве альтернативных обозначений `md5` для совместимости со старыми версиями сервера поддерживаются значения `on` и `off`). Заметьте, что поддержка `scram-sha-256` появилась в PostgreSQL версии 10 и со старыми версиями серверов этот вариант работать не будет. Если *`algorithm`* равен `NULL`, эта функция запросит у сервера текущее значение параметра password_encryption. При этом возможна блокировка и отказ при выполнении функции, если текущая транзакция прерывается или если в текущем соединении выполняется другой запрос. Если вы хотите использовать алгоритм по умолчанию для данного сервера, но при этом избежать блокировки, получите значение `password_encryption` самостоятельно до вызова `PQencryptPasswordConn` и передайте его в параметре *`algorithm`*.

Эта функция возвращает строку, выделенную функцией `malloc`. Вызывающий код может рассчитывать на то, что эта строка не содержит никаких спецсимволов, требующих экранирования. Закончив работу с ней, освободите память, вызвав `PQfreemem`. В случае ошибки эта функция возвращает `NULL`, а соответствующее сообщение помещается в объект соединения.

`PQencryptPassword`

Подготавливает зашифрованную md5 форму пароля PostgreSQL.

```
char *PQencryptPassword(const char *passwd, const char *user);
```

`PQencryptPassword` — старая, подлежащая ликвидации версия `PQencryptPasswordConn`. Отличие состоит в том, что для `PQencryptPassword` не требуется объект соединения, а в качестве алгоритма шифрования всегда используется `md5`.

`PQmakeEmptyPGresult`

Конструирует пустой объект `PGresult` с указанным состоянием.

```
PGresult *PQmakeEmptyPGresult(PGconn *conn, ExecStatusType status);
```

Это внутренняя функция libpq, выделяющая память и инициализирующая пустой объект `PGresult`. Эта функция возвращает `NULL`, если не может выделить память. Она сделана экспортируемой, так как некоторые приложения находят полезным создавать объекты результатов (в частности, объекты с состоянием ошибки) самостоятельно. Если в *`conn`* передаётся не null и *`status`* указывает на ошибку, в `PGresult` копируется текущее сообщение об ошибке для заданного соединения. Также, если в *`conn`* передаётся не null, в `PGresult` копируются все процедуры событий, зарегистрированные для этого соединения. (При этом вызовы `PGEVT_RESULTCREATE` не выполняются; см. описание `PQfireResultCreateEvents`.) Заметьте, что в конце для этого объекта следует вызвать `PQclear`, как и для объекта `PGresult`, возвращённого самой библиотекой libpq.

`PQfireResultCreateEvents`

Вызывает событие `PGEVT_RESULTCREATE` (см. Раздел 33.13) для каждой процедуры событий, зарегистрированной в объекте `PGresult`. Возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в случае ошибки в одной из процедур.

```
int PQfireResultCreateEvents(PGconn *conn, PGresult *res);
```

Аргумент `conn` передаётся процедурам событий, но непосредственно не используется. Он может быть равен `NULL`, если он не нужен процедурам событий.

Процедуры событий, уже получившие событие `PGEVT_RESULTCREATE` или `PGEVT_RESULTCOPY` для этого объекта, больше не вызываются.

Основная причина отделения этой функции от `PQmakeEmptyPGresult` в том, что часто требуется создать объект `PGresult` и наполнить его данными, прежде чем вызывать процедуры событий.

`PQcopyResult`

Создаёт копию объекта `PGresult`. Эта копия никак не связана с исходным результатом и поэтому, когда она становится не нужна, необходимо вызвать `PQclear`. Если функция завершается ошибкой, она возвращает `NULL`.

```
PGresult *PQcopyResult(const PGresult *src, int flags);
```

Создаваемая копия не будет точной. В возвращаемый результат всегда помещается состояние `PGRES_TUPLES_OK` и в него не копируются никакие сообщения об ошибках из исходного объекта. (Однако в него копируется строка состояния команды.) Что ещё в него будет копироваться, определяет аргумент *`flags`*, в котором складываются несколько флагов. Флаг

PG_COPYRES_ATTRS включает копирование атрибутов исходного объекта (определений столбцов), а флаг PG_COPYRES_TUPLES включает копирование кортежей из исходного объекта (при этом также копируются и атрибуты.) Флаг PG_COPYRES_NOTICEHOOKS включает копирование обработчиков замечаний, а флаг PG_COPYRES_EVENTS — событий из исходного объекта результата. (Но любые данные, связанные с экземпляром исходного объекта, не копируются.)

`PQsetResultAttrs`

Устанавливает атрибуты объекта `PGresult`.

```
int PQsetResultAttrs(PGresult *res, int numAttributes, PGresAttDesc *attDescs);
```

Предоставленная структура *attDescs* копируется в результат. Если указатель *attDescs* равен `NULL` или *numAttributes* меньше одного, запрос игнорируется и функция выполняется без ошибки. Если *res* уже содержит атрибуты, функция завершается ошибкой. В случае ошибки функция возвращает ноль, а в обратном случае — ненулевое значение.

`PQsetvalue`

Устанавливает значение поля кортежа в объекте `PGresult`.

```
int PQsetvalue(PGresult *res, int tup_num, int field_num, char *value, int len);
```

Эта функция автоматически увеличивает внутренний массив кортежей при необходимости. Однако значение *tup_num* должно быть меньше или равно `PQntuples`, что означает, что эта функция может увеличивать массив кортежей только на один кортеж. Но в существующем кортеже любые поля могут изменяться в любом порядке. Если значение в поле с номером *field_num* уже существует, оно будет перезаписано. Если *len* равно -1 или *value* равно `NULL`, в поле будет записано значение SQL NULL. Устанавливаемое значение (*value*) копируется в закрытую область объекта результата, так что от него можно избавиться после завершения функции. Если функция завершается ошибкой, она возвращает ноль, а в обратном случае — ненулевое значение.

`PQresultAlloc`

Выделяет подчинённую область памяти для объекта `PGresult`.

```
void *PQresultAlloc(PGresult *res, size_t nBytes);
```

Любая память, выделенная этой функцией, будет освобождена при очистке объекта *res*. В случае ошибки эта функция возвращает `NULL`. Результат гарантированно выравнивается должным образом для любого типа данных, как и при `malloc`.

`PQresultMemorySize`

Выдаёт объём памяти (в байтах), выделенной для объекта `PGresult`.

```
size_t PQresultMemorySize(const PGresult *res);
```

Этот объём равен сумме размеров всех запросов `malloc`, связанных с данным объектом `PGresult`, то есть это общий объём памяти, который будет освобождён функцией `PQclear`. Данная информация может быть полезна для управления потреблением памяти.

`PQlibVersion`

Возвращает версию используемой библиотеки libpq.

```
int PQlibVersion(void);
```

По результату этой функции можно во время выполнения определить, предоставляется ли определённая функциональность загруженной в данный момент версией libpq. Эта функция может использоваться, например, чтобы понять, какие параметры соединения может принять `PQconnectdb`.

Это число формируется в результате умножения номера основной версии библиотеки на 10000 и добавления номера дополнительной версии. Например, для версии 10.1 будет выдано 100001, а для версии 11.0 — 110000.

До версии 10, в PostgreSQL номера версий образовывались из трёх чисел, первые два из которых представляли основную версию. Для таких версий `PQlibVersion` отводит на каждое число по две цифры; например, для версии 9.1.5 будет выдано 90105, а для версии 9.2.0 — 90200.

Таким образом, чтобы получить логический номер версии для определения доступности функциональности, приложения должны разделить результат `PQlibVersion` на 100, а не на 10000. Во всех сериях номера дополнительных (корректирующих) выпусков различаются только в двух последних цифрах.

> **Примечание**
>
> Эта функция появилась в PostgreSQL версии 9.1, поэтому с её помощью нельзя проверить функциональность предыдущих версий, так как при вызове её будет создана зависимость от версии 9.1 или новее.

33.12. Обработка замечаний

Сообщения с замечаниями и предупреждениями, выдаваемые сервером, не возвращаются функциями, выполняющими запросы, так как они не свидетельствуют об ошибке в запросе. Вместо этого они передаются функции обработки замечаний и после завершения этой функции выполнение продолжается как обычно. Стандартная функция обработки замечаний выводит сообщение в `stderr`, но приложение может переопределить это поведение, предоставив собственный обработчик.

По историческим причинам обработка замечаний выполняется на двух уровнях, приёмником замечаний и обработчиком замечаний. По умолчанию приёмник замечаний форматирует замечание и передаёт сформированную строку обработчику замечаний для вывода. Однако приложения, которые реализуют свой приёмник замечаний, обычно просто игнорируют слой обработчика и выполняют все действия в коде приёмника.

Функция `PQsetNoticeReceiver` устанавливает или возвращает текущий приёмник замечаний для объекта соединения. Подобным образом, `PQsetNoticeProcessor` устанавливает или возвращает текущий обработчик замечаний.

```
typedef void (*PQnoticeReceiver) (void *arg, const PGresult *res);

PQnoticeReceiver
PQsetNoticeReceiver(PGconn *conn,
                    PQnoticeReceiver proc,
                    void *arg);

typedef void (*PQnoticeProcessor) (void *arg, const char *message);

PQnoticeProcessor
PQsetNoticeProcessor(PGconn *conn,
                     PQnoticeProcessor proc,
                     void *arg);
```

Каждая из этих функций возвращает указатель на ранее установленный приёмник или обработчик замечаний и устанавливает новый указатель. Если ей передаётся нулевой указатель, она ничего не делает, только возвращает текущий указатель.

Когда сообщение с замечанием или предупреждением поступает от сервера, либо выдаётся самой библиотекой libpq, вызывается функция приёмника замечания. Сообщение передаётся ей в виде состояния `PGRES_NONFATAL_ERROR` объекта `PGresult`. (Это позволяет приёмнику извлечь из него отдельные поля, используя `PQresultErrorField`, либо получить полное готовое сообщение, вызвав `PQresultErrorMessage` или `PQresultVerboseErrorMessage`.) Ей также передаётся тот же неопределённый указатель, что был передан функции `PQsetNoticeReceiver`. (Этот указатель может пригодиться для обращения к внутреннему состоянию приложения при необходимости.)

Стандартный приёмник замечаний просто извлекает сообщение (вызывая PQresultErrorMessage) и передаёт его обработчику замечаний.

Обработчик замечаний отвечает за обработку сообщения с замечанием или предупреждением в текстовом виде. Ему передаётся строка с текстом сообщения (включающая завершающий символ новой строки) и неопределённый указатель, который был передан функции PQsetNoticeProcessor. (Этот указатель может пригодиться для обращения к внутреннему состоянию приложения при необходимости.)

Стандартный обработчик замечаний прост:

```
static void
defaultNoticeProcessor(void *arg, const char *message)
{
    fprintf(stderr, "%s", message);
}
```

Установив приёмник или обработчик замечаний, вы можете ожидать, что эта функция будет вызываться, пока будут существовать объект PGconn или объекты PGresult, созданные с ней. Когда создаётся PGresult, указатели текущих обработчиков замечаний, установленные в PGconn, копируются в PGresult для возможного использования функциями вроде PQgetvalue.

33.13. Система событий

Система событий libpq разработана для уведомления функций-обработчиков об интересных событиях libpq, например, о создании и уничтожении объектов PGconn и PGresult. Основное их предназначение в том, чтобы позволить приложениям связать собственные данные с объектами PGconn и PGresult и обеспечить их освобождение в нужное время.

Каждый зарегистрированный обработчик событий связывается с двумя элементами данных, которые известны libpq только как скрытые указатели void *. Первый *сквозной* указатель передаётся приложением, когда обработчик событий регистрируется в PGconn. Этот указатель никогда не меняется на протяжении жизни PGconn и все объекты PGresult создаются с ним; поэтому, если он используется, он должен указывать на долгоживущие данные. В дополнение к нему имеется указатель *данных экземпляра*, который изначально равен NULL во всех объектах PGconn и PGresult. Этим указателем можно управлять с помощью функций PQinstanceData, PQsetInstanceData, PQresultInstanceData и PQsetResultInstanceData. Заметьте, что в отличие от сквозного указателя, данные экземпляра PGconn автоматически не наследуются объектами PGresult, создаваемыми из него. Библиотека libpq не знает, на что указывают сквозной указатель и указатель данных экземпляра (если они ненулевые), и никогда не будет пытаться освобождать их — за это отвечает обработчик событий.

33.13.1. Типы событий

Перечисление PGEventId описывает типы событий, обрабатываемых системой событий. Имена всех их значений начинаются с PGEVT. Для каждого типа событий имеется соответствующая структура информации о событии, содержащая параметры, передаваемые обработчикам событий. Определены следующие типы событий:

PGEVT_REGISTER

Событие регистрации происходит, когда вызывается PQregisterEventProc. Это подходящий момент для инициализации данных экземпляра (instanceData), которые могут понадобиться процедуре событий. Для каждого обработчика событий в рамках соединения будет выдаваться только одно событие регистрации. Если обработка события завершается ошибкой, регистрация прерывается.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
```

```
} PGEventRegister;
```

При поступлении события PGEVT_REGISTER указатель *evtInfo* следует привести к PGEventRegister *. Эта структура содержит объект PGconn, который должен быть в состоянии CONNECTION_OK; это гарантируется, если PQregisterEventProc вызывается сразу после получения рабочего объекта PGconn. В случае выдачи кода ошибки всю очистку необходимо провести самостоятельно, так как событие PGEVT_CONNDESTROY не поступит.

PGEVT_CONNRESET

Событие сброса соединения происходит при завершении PQreset или PQresetPoll. В обоих случаях это событие вызывается, только если сброс был успешным. Если обработка события завершается ошибкой, происходит сбой всей операции сброса соединения; объект PGconn переходит в состояние CONNECTION_BAD и PQresetPoll возвращает PGRES_POLLING_FAILED.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
} PGEventConnReset;
```

При поступлении события PGEVT_CONNRESET указатель *evtInfo* следует привести к PGEventConnReset *. Хотя переданный объект PGconn был только что сброшен, все данные события остаются неизменными. При поступлении этого события должны быть сброшены/перезагружены/вновь запрошены все сопутствующие данные instanceData. Заметьте, что даже если обработчик события выдаст ошибку при обработке PGEVT_CONNRESET, событие PGEVT_CONNDESTROY всё равно поступит при закрытии соединения.

PGEVT_CONNDESTROY

Событие уничтожения соединения вызывается в ответ на вызов PQfinish. Обработчик этого события отвечает за корректную очистку своих данных событий, так как libpq не может управлять его памятью. Невыполнение очистки должным образом приведёт к утечкам памяти.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
} PGEventConnDestroy;
```

При поступлении события PGEVT_CONNDESTROY указатель *evtInfo* следует привести к PGEventConnDestroy *. Это событие происходит перед тем, как PQfinish производит всю остальную очистку. Значение, возвращаемое обработчиком событий, игнорируется, так как из PQfinish никак нельзя сообщить об ошибке. Кроме того, ошибка в обработчике событий не должна прерывать процесс очистки ставшей ненужной памяти.

PGEVT_RESULTCREATE

Событие создания объекта результата происходит при завершении любой функции, выполняющей запрос и получающей результат, включая PQgetResult. Это событие происходит только после того, как результат был успешно получен.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
    PGresult *result;
} PGEventResultCreate;
```

При поступлении события PGEVT_RESULTCREATE указатель *evtInfo* следует привести к PGEventResultCreate *. В *conn* передаётся соединение, для которого сформирован результат. Это подходящее место для инициализации любых данных instanceData, которые нужно связать с результатом. В случае сбоя обработчика объект результата очищается и ошибка распространяется дальше. Обработчик события не должен пытаться выполнять PQclear для объекта результата самостоятельно. Возвращая ошибку, необходимо выполнить очистку данных, так как событие PGEVT_RESULTDESTROY для этого объекта не поступит.

PGEVT_RESULTCOPY

Событие копирования объекта результата происходит при выполнении функции PQcopyResult. Это событие происходит только после завершения копирования. Только те обработчики событий, которые успешно обработали событие PGEVT_RESULTCREATE или PGEVT_RESULTCOPY для исходного объекта, получат событие PGEVT_RESULTCOPY.

```
typedef struct
{
    const PGresult *src;
    PGresult *dest;
} PGEventResultCopy;
```

При поступлении события PGEVT_RESULTCOPY указатель *evtInfo* следует привести к PGEventResultCopy *. Поле *src* указывает на объект результата, который копируется, а *dest* — на целевой объект. Это событие может применяться для реализации внутреннего копирования instanceData, так как сама функция PQcopyResult не может это сделать. В случае сбоя обработчика вся операция копирования прерывается и объект результата в *dest* очищается. Возвращая ошибку, необходимо выполнить очистку данных целевого объекта, так как событие PGEVT_RESULTDESTROY для него не поступит.

PGEVT_RESULTDESTROY

Событие уничтожения объекта результата происходит при выполнении PQclear. Обработчик этого события отвечает за корректную очистку своих данных событий, так как libpq не может управлять его памятью. Невыполнение очистки должным образом приведёт к утечкам памяти.

```
typedef struct
{
    PGresult *result;
} PGEventResultDestroy;
```

При поступлении события PGEVT_RESULTDESTROY указатель *evtInfo* следует привести к PGEventResultDestroy *. Это событие происходит перед тем, как PQclear производит всю остальную очистку. Значение, возвращаемое обработчиком событий, игнорируется, так как из PQclear никак нельзя сообщить об ошибке. Кроме того, ошибка в обработчике событий не должна прерывать процесс очистки ставшей ненужной памяти.

33.13.2. Процедура обработки событий

PGEventProc

PGEventProc — это определение типа для указателя на обработчик событий, то есть функцию обратного вызова, получающую события от libpq. Обработчик событий должен иметь такую сигнатуру:

```
int eventproc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough)
```

Параметр *evtId* говорит, какое событие PGEVT произошло. Указатель *evtInfo* должен приводиться к типу определённой структуры для получения дополнительной информации о событии. В параметре *passThrough* передаётся сквозной указатель, поступивший в PQregisterEventProc при регистрации обработчика события. Эта функция должна вернуть ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае.

Обработчик определённого события может быть зарегистрирован в любом PGconn только раз. Это связано с тем, что адрес обработчика используется как ключ для выбора связанных данных экземпляра.

Внимание

В Windows функции могут иметь два разных адреса: один, видимый снаружи DLL, и второй, видимый внутри DLL. Учитывая это, надо позаботиться о том, чтобы только один из адресов использовался с функциями обработки событий libpq, иначе возникнет путаница. Самый простой способ написать код, который будет работать — всегда помечать обработчик событий как `static`. Если адрес обработчика нужно получить вне его исходного файла, экспортируйте отдельную функцию, которая будет возвращать этот адрес.

33.13.3. Функции поддержки событий

`PQregisterEventProc`

Регистрирует обработчик событий в libpq.

```
int PQregisterEventProc(PGconn *conn, PGEventProc proc,
                        const char *name, void *passThrough);
```

Обработчик событий должен быть зарегистрирован один раз для каждого соединения `PGconn`, события которого представляют интерес. Число обработчиков событий, которые можно зарегистрировать для соединения, не ограничивается ничем, кроме объёма памяти. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае.

Процедура, переданная в аргументе *proc*, будет вызываться, когда произойдёт событие libpq. Её адрес в памяти также применяется для поиска данных `instanceData`. Аргумент *name* используется при упоминании обработчика событий в сообщениях об ошибках. Это значение не может быть равно `NULL` или указывать на строку нулевой длины. Эта строка имени копируется в `PGconn`, так что переданная строка может быть временной. Сквозной указатель (*passThrough*) будет передаваться обработчику *proc* при каждом вызове события. Этот аргумент может равняться `NULL`.

`PQsetInstanceData`

Устанавливает для подключения *conn* указатель `instanceData` для обработчика *proc* равным *data*. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае. (Ошибка возможна, только если обработчик *proc* не был корректно зарегистрирован для соединения *conn*.)

```
int PQsetInstanceData(PGconn *conn, PGEventProc proc, void *data);
```

`PQinstanceData`

Возвращает для соединения *conn* указатель на `instanceData`, связанный с обработчиком *proc*, либо `NULL`, если такого обработчика нет.

```
void *PQinstanceData(const PGconn *conn, PGEventProc proc);
```

`PQresultSetInstanceData`

Устанавливает для объекта результата (*res*) указатель `instanceData` для обработчика *proc* равным *data*. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае. (Ошибка возможна, только если обработчик *proc* не был корректно зарегистрирован для объекта результата.)

```
int PQresultSetInstanceData(PGresult *res, PGEventProc proc, void *data);
```

Имейте в виду, что память, представленная параметром *data*, не будет учитываться в `PQresultMemorySize`, если только она не была выделена функцией `PQresultAlloc`. (Этой функцией рекомендуется пользоваться, так как это избавляет от необходимости явно освобождать память после уничтожения результата.)

`PQresultInstanceData`

Возвращает для объекта результата (*res*) указатель на `instanceData`, связанный с обработчиком *proc*, либо `NULL`, если такого обработчика нет.

```
void *PQresultInstanceData(const PGresult *res, PGEventProc proc);
```

33.13.4. Пример обработки событий

Ниже показан схематичный пример управления внутренними данными, связанными с подключениями и результатами libpq.

```
/* required header for libpq events (note: includes libpq-fe.h) */
#include <libpq-events.h>

/* The instanceData */
typedef struct
{
    int n;
    char *str;
} mydata;

/* PGEventProc */
static int myEventProc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough);

int
main(void)
{
    mydata *data;
    PGresult *res;
    PGconn *conn =
        PQconnectdb("dbname=postgres options=-csearch_path=");

    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
                PQerrorMessage(conn));
        PQfinish(conn);
        return 1;
    }

    /* called once on any connection that should receive events.
     * Sends a PGEVT_REGISTER to myEventProc.
     */
    if (!PQregisterEventProc(conn, myEventProc, "mydata_proc", NULL))
    {
        fprintf(stderr, "Cannot register PGEventProc\n");
        PQfinish(conn);
        return 1;
    }

    /* conn instanceData is available */
    data = PQinstanceData(conn, myEventProc);

    /* Sends a PGEVT_RESULTCREATE to myEventProc */
    res = PQexec(conn, "SELECT 1 + 1");

    /* result instanceData is available */
    data = PQresultInstanceData(res, myEventProc);

    /* If PG_COPYRES_EVENTS is used, sends a PGEVT_RESULTCOPY to myEventProc */
    res_copy = PQcopyResult(res, PG_COPYRES_TUPLES | PG_COPYRES_EVENTS);

    /* result instanceData is available if PG_COPYRES_EVENTS was
```

```
     * used during the PQcopyResult call.
     */
    data = PQresultInstanceData(res_copy, myEventProc);

    /* Both clears send a PGEVT_RESULTDESTROY to myEventProc */
    PQclear(res);
    PQclear(res_copy);

    /* Sends a PGEVT_CONNDESTROY to myEventProc */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}

static int
myEventProc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough)
{
    switch (evtId)
    {
        case PGEVT_REGISTER:
        {
            PGEventRegister *e = (PGEventRegister *)evtInfo;
            mydata *data = get_mydata(e->conn);

            /* associate app specific data with connection */
            PQsetInstanceData(e->conn, myEventProc, data);
            break;
        }

        case PGEVT_CONNRESET:
        {
            PGEventConnReset *e = (PGEventConnReset *)evtInfo;
            mydata *data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);

            if (data)
              memset(data, 0, sizeof(mydata));
            break;
        }

        case PGEVT_CONNDESTROY:
        {
            PGEventConnDestroy *e = (PGEventConnDestroy *)evtInfo;
            mydata *data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);

            /* free instance data because the conn is being destroyed */
            if (data)
              free_mydata(data);
            break;
        }

        case PGEVT_RESULTCREATE:
        {
            PGEventResultCreate *e = (PGEventResultCreate *)evtInfo;
            mydata *conn_data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);
            mydata *res_data = dup_mydata(conn_data);

            /* associate app specific data with result (copy it from conn) */
            PQsetResultInstanceData(e->result, myEventProc, res_data);
```

```
            break;
        }

        case PGEVT_RESULTCOPY:
        {
            PGEventResultCopy *e = (PGEventResultCopy *)evtInfo;
            mydata *src_data = PQresultInstanceData(e->src, myEventProc);
            mydata *dest_data = dup_mydata(src_data);

            /* associate app specific data with result (copy it from a result) */
            PQsetResultInstanceData(e->dest, myEventProc, dest_data);
            break;
        }

        case PGEVT_RESULTDESTROY:
        {
            PGEventResultDestroy *e = (PGEventResultDestroy *)evtInfo;
            mydata *data = PQresultInstanceData(e->result, myEventProc);

            /* free instance data because the result is being destroyed */
            if (data)
              free_mydata(data);
            break;
        }

        /* unknown event ID, just return true. */
        default:
            break;
    }

    return true; /* event processing succeeded */
}
```

33.14. Переменные окружения

Воспользовавшись следующими переменными окружения, можно задать значения параметров соединения по умолчанию, которые будут использоваться функциями `PQconnectdb`, `PQsetdbLogin` и `PQsetdb`, если никакое значение не будет задано вызывающим кодом. В частности, используя их, можно обойтись без жёсткого задания параметров соединения в простых клиентских приложениях.

- `PGHOST` действует так же, как параметр соединения host.
- `PGHOSTADDR` действует так же, как параметр соединения hostaddr. Эту переменную можно задать вместо или вместе с `PGHOST` для предотвращения поиска адреса в DNS.
- `PGPORT` действует так же, как параметр соединения port.
- `PGDATABASE` действует так же, как параметр соединения dbname.
- `PGUSER` действует так же, как параметр соединения user.
- `PGPASSWORD` действует так же, как параметр соединения password. Использовать эту переменную окружения не рекомендуется по соображениям безопасности, так как в некоторых операционных системах непривилегированные пользователи могут видеть переменные окружения процессов в выводе ps; вместо этого лучше использовать файл паролей (см. Раздел 33.15).
- `PGPASSFILE` действует так же, как параметр соединения passfile.
- `PGCHANNELBINDING` действует так же, как параметр соединения channel_binding.
- `PGSERVICE` действует так же, как параметр соединения service.

- PGSERVICEFILE задаёт имя личного файла пользователя с параметрами подключения к службам (см. Раздел 33.16). По умолчанию применяется имя файла ~/.pg_service.conf (или %APPDATA%\postgresql\.pg_service.conf в Microsoft Windows).
- PGOPTIONS действует так же, как параметр соединения options.
- PGAPPNAME действует так же, как параметр соединения application_name.
- PGSSLMODE действует так же, как параметр соединения sslmode.
- PGREQUIRESSL действует так же, как параметр соединения requiressl. Эта переменная окружения утратила актуальность с появлением переменной PGSSLMODE; если установить обе переменные, значение данной не возымеет эффекта.
- PGSSLCOMPRESSION действует так же, как параметр соединения sslcompression.
- PGSSLCERT действует так же, как параметр соединения sslcert.
- PGSSLKEY действует так же, как параметр соединения sslkey.
- PGSSLROOTCERT действует так же, как параметр соединения sslrootcert.
- PGSSLCRL действует так же, как параметр соединения sslcrl.
- PGREQUIREPEER действует так же, как параметр соединения requirepeer.
- PGSSLMINPROTOCOLVERSION действует так же, как параметр соединения ssl_min_protocol_version.
- PGSSLMAXPROTOCOLVERSION действует так же, как параметр соединения ssl_max_protocol_version.
- PGGSSENCMODE действует так же, как параметр соединения gssencmode.
- PGKRBSRVNAME действует так же, как параметр соединения krbsrvname.
- PGGSSLIB действует так же, как параметр соединения gsslib.
- PGCONNECT_TIMEOUT действует так же, как параметр соединения connect_timeout.
- PGCLIENTENCODING действует так же, как параметр соединения client_encoding.
- PGTARGETSESSIONATTRS действует так же, как параметр соединения target_session_attrs.

Следующие переменные окружения позволяют задать поведение по умолчанию для каждого отдельного сеанса PostgreSQL. (См. также описание команд ALTER ROLE и ALTER DATABASE, позволяющих установить поведение по умолчанию для отдельного пользователя или отдельной базы.)

- PGDATESTYLE устанавливает стиль представления даты/времени по умолчанию. (Равносильно SET datestyle TO ....)
- PGTZ устанавливает часовой пояс по умолчанию. (Равносильно SET timezone TO ....)
- PGGEQO устанавливает режим по умолчанию для генетического оптимизатора запросов. (Равносильно SET geqo TO ....)

Информацию о корректных значениях этих переменных окружения можно найти в описании SQL-команды SET.

Следующие переменные среды определяют внутреннее поведение libpq; они переопределяют встроенные значения.

- PGSYSCONFDIR задаёт каталог, в котором содержится файл pg_service.conf, а в будущем он может содержать и другие общесистемные файлы конфигурации.
- PGLOCALEDIR задаёт каталог, содержащий файлы locale, предназначенные для перевода сообщений.

33.15. Файл паролей

Файл .pgpass в домашнем каталоге пользователя может содержать пароли, которые будут использоваться, если для подключения требуется пароль (и пароль не задаётся другим способом). В Microsoft Windows этот файл называется %APPDATA%\postgresql\pgpass.conf (где %APPDATA%

обозначает каталог с данными приложений в профиле пользователя). Имя используемого файла паролей также можно задать в параметре подключения passfile или в переменной окружения PGPASSFILE.

Этот файл должен содержать строки следующего формата:

сервер:*порт*:*база_данных*:*имя_пользователя*:*пароль*

(Вы можете вставить в этот файл комментарий-памятку, скопировав показанную строку в него и добавив в начало #.) Первые четыре поля могут содержать строковые значения, либо знак *, соответствующий всему. Применяться будет пароль, указанный в первой из строк, значения полей в которой соответствуют текущему соединению. (Поэтому, если вы используете звёздочки, поместите более конкретные записи первыми.) Если запись должна содержать символ : или \, добавьте перед ним \. Поле с именем узла сопоставляется с параметром подключения host (если он указан) или с параметром hostaddr (если указан он); в случае отсутствия обоих параметров подразумевается имя localhost. Имя узла localhost также подразумевается, когда соединение устанавливается через Unix-сокет и параметр host соответствует установленному в libpq каталогу сокетов по умолчанию. На ведомом сервере имя базы данных replication соответствует подключениям к ведущему серверу, которые применяются для потоковой репликации. Поле *база_данных* имеет ограниченную ценность, так как пользователи используют один пароль для всех баз данных в кластере.

В системах Unix разрешения для файла паролей должны запрещать любой доступ к нему всем и группе; этого можно добиться командой chmod 0600 ~/.pgpass. Если разрешения будут менее строгими, этот файл будет игнорироваться. В Microsoft Windows предполагается, что файл хранится в безопасном месте, и никакие дополнительные проверки не производятся.

33.16. Файл соединений служб

Файл соединений служб позволяет связать параметры соединений libpq с одним именем службы. Затем это имя службы можно задать в строке подключения libpq и будут применены все связанные с ним параметры. Это позволяет модифицировать параметры соединений, обходясь без перекомпиляции приложения, использующего libpq. Имя службы можно также задать в переменной окружения PGSERVICE.

Имена служб могут быть определены либо в служебном файле каждого пользователя, либо в общесистемном файле. Если одно и то же имя службы существует как в пользовательском, так и в системном файле, пользовательский файл имеет приоритет. По умолчанию служебный файл пользователя называется ~/.pg_service.conf. В Microsoft Windows этот файл называется %APPDATA%\postgresql\pg_service.conf (где %APPDATA% обозначает каталог данных приложений (Application Data) в профиле пользователя). Имя файла также можно задать в переменной окружения PGSERVICEFILE. Общесистемный файл называется pg_service.conf. По умолчанию он ищется в каталоге etc установки PostgreSQL (используйте pg_config --sysconfdir, чтобы точно установить этот каталог). Можно указать другой каталог, но не другое имя файла, задав переменную окружения PGSYSCONFDIR.

В любом служебном файле используется формат «INI-файлов», в котором имя раздела задаёт имя службы, а параметры внутри — параметры соединения; их список приведён в Подразделе 33.1.2. Например:

```
# комментарий
[mydb]
host=somehost
port=5433
user=admin
```

Пример такого файла можно найти в каталоге установки PostgreSQL в share/pg_service.conf.sample.

Параметры подключения, полученные из служебного файла, объединяются с параметрами, полученными из других источников. Значение в этом файле переопределяет соответствующую переменную окружения и, в свою очередь, может быть изменён значением, указанным непосредственно в строке подключения. Например, используя указанный выше служебный файл, строка подключения `service=mydb port=5434` будет использовать сервер `somehost`, порт `5434`, пользователя `admin` и другие параметры, установленные переменными окружения или встроенными значениями по умолчанию.

33.17. Получение параметров соединения через LDAP

Если библиотека libpq была собрана с поддержка LDAP (`configure` передавался ключ `--with-ldap`), такие параметры соединения, как `host` и `dbname`, можно получить через LDAP с центрального сервера. Преимущество такого подхода в том, что при изменении параметров подключения к базе данных свойства соединения не придётся изменять на всех клиентских компьютерах.

Для получения параметров соединений через LDAP используется файл соединений служб `pg_service.conf` (см. Раздел 33.16). Строка в `pg_service.conf`, начинающаяся с указания протокола `ldap://`, будет воспринята как URL в LDAP и выполнится как запрос к LDAP. Результатом запроса должен быть список пар `keyword = value`, которые и будут задавать параметры соединений. Заданный URL должен соответствовать RFC 1959 и иметь следующий вид:

```
ldap://[имя_сервера[:порт]]/база_поиска?атрибут?область_поиска?фильтр
```

; по умолчанию *`имя_сервера`* — `localhost`, а *`порт`* — 389.

Обработка `pg_service.conf` прекращается после удачного поиска в LDAP, но если с сервером LDAP связаться не удаётся, обрабатываются следующие строки этого файла. Так сделано для того, чтобы можно было реализовать запасные варианты, добавив дополнительные строки с URL LDAP, указывающими на другие серверы LDAP, или классические пары `keyword = value`, либо используя параметры соединений по умолчанию. Если же вы хотите получить ошибку в этой ситуации, добавьте после строки с URL-адресом LDAP синтаксически некорректную строку.

Простую запись LDAP, созданную из такого файла LDIF

```
version:1
dn:cn=mydatabase,dc=mycompany,dc=com
changetype:add
objectclass:top
objectclass:device
cn:mydatabase
description:host=dbserver.mycompany.com
description:port=5439
description:dbname=mydb
description:user=mydb_user
description:sslmode=require
```

можно запросить из каталога LDAP, указав следующий URL:

```
ldap://ldap.mycompany.com/dc=mycompany,dc=com?description?one?(cn=mydatabase)
```

Также возможно сочетать обычные записи в файле служб с поиском в LDAP. Полный пример описания службы в `pg_service.conf` может быть таким:

```
# в LDAP хранится только имя и порт сервера; имя базы и пользователя нужно задать явно
[customerdb]
dbname=customer
user=appuser
ldap://ldap.acme.com/cn=dbserver,cn=hosts?pgconnectinfo?base?(objectclass=*)
```

33.18. Поддержка SSL

PostgreSQL реализует собственную поддержку SSL-подключений для шифрования клиент-серверного взаимодействия в качестве меры безопасности. Подробнее функциональность SSL на стороне сервера описывается в Разделе 18.9.

Библиотека libpq читает системный файл конфигурации OpenSSL. По умолчанию этот файл называется `openssl.cnf` и находится в каталоге, который сообщает команда `openssl version -d`. Если требуется указать другое расположение файла конфигурации, его можно задать в переменной окружения `OPENSSL_CONF`.

33.18.1. Проверка сертификатов сервера на стороне клиента

По умолчанию PostgreSQL не выполняет никакие проверки сертификата сервера. Это означает, что клиента можно ввести в заблуждение, подменив сервер (например, изменив запись в DNS или заняв его IP-адрес). Чтобы защититься от такой подмены, клиент должен иметь возможность проверять подлинность сервера по цепочке доверия. Для создания цепочки доверия нужно установить корневой (самоподписанный) сертификат центра сертификации (ЦС) на одном компьютере, а конечный сертификат, *подписанный* корневым, на другом. В цепочке может использоваться и «промежуточный» сертификат, который подписывается корневым сертификатом и подписывает подчинённые сертификаты.

Чтобы клиент мог проверить подлинность сервера, установите на клиенте корневой сертификат, а на сервере установите конечный сертификат, подписанный этим корневым. Чтобы сервер мог проверить подлинность клиента, установите на сервере корневой сертификат, а на клиенте конечный сертификат, подписанный данным корневым. Конечный сертификат также может связываться с корневым через один или несколько промежуточных сертификатов (они обычно хранятся вместе с конечным сертификатом).

Когда цепочка доверия присутствует, клиент может проверить конечный сертификат, переданный сервером, двумя способами. Если параметр `sslmode` имеет значение `verify-ca`, libpq будет проверять подлинность сервера, проверяя цепочку доверия до корневого сертификата, установленного на клиенте. Если в `sslmode` выбран режим `verify-full`, libpq будет *также* проверять соответствие имени узла сервера имени, записанному в сертификате. SSL-подключение не будет установлено, если проверить сертификат сервера не удастся. Режим `verify-full` рекомендуется для большинства окружений, где важна безопасность.

В режиме `verify-full` имя узла сверяется с атрибутом (или атрибутами) Subject Alternative Name (Альтернативное имя субъекта) в сертификате или с атрибутом Common Name (Общее имя), если в сертификате отсутствует атрибут Subject Alternative Name типа `dNSName`. Если атрибут имени сертификата начинается со звёздочки (`*`), звёздочка воспринимается как подстановочный знак и ей будут соответствовать все символы, *кроме* точки (`.`). Это означает, что такой сертификат не будет соответствовать поддоменам. Если подключение устанавливается по IP-адресу, а не по имени узла, проверяться будет IP-адрес (без поиска в DNS).

Чтобы настроить проверку сертификата сервера, необходимо поместить один или несколько корневых сертификатов в файл `~/.postgresql/root.crt` в домашнем каталоге пользователя. (В Microsoft Windows этот файл называется `%APPDATA%\postgresql\root.crt`.) Также следует добавлять в этот файл промежуточные сертификаты, если они нужны для связывания цепочки сертификатов, переданных сервером, с корневыми сертификатами, установленными на клиенте.

Если существует файл `~/.postgresql/root.crl` (или `%APPDATA%\postgresql\root.crl` в Microsoft Windows), при проверке также учитывается содержащийся в нём список отозванных сертификатов (CRL, Certificate Revocation List).

Размещение файла корневых сертификатов и CRL можно поменять, задав параметры соединения `sslrootcert` и `sslcrl` или переменные окружения `PGSSLROOTCERT` и `PGSSLCRL`, соответственно.

Примечание

Для обратной совместимости с предыдущими версиями PostgreSQL, при наличии файла с сертификатами корневых ЦС поведение режима `sslmode=require` не отличается от режима `verify-ca`, то есть сертификат сервера будет проверяться по сертификату ЦС. Полагаться на это поведение не рекомендуется — приложения, которым нужно проверять сертификат, должны всегда выбирать режим `verify-ca` или `verify-full`.

33.18.2. Клиентские сертификаты

Если сервер попытается проверить подлинность клиента, запрашивая конечный сертификат клиента, libpq будет передавать сертификаты, сохранённые в файле `~/.postgresql/postgresql.crt` в домашнем каталоге пользователя. Эти сертификаты должны связываться по цепочке с корневым сертификатом, которому доверяет сервер. Также должен присутствовать соответствующий закрытый ключ `~/.postgresql/postgresql.key`. В Microsoft Windows эти файлы называются `%APPDATA%\postgresql\postgresql.crt` и `%APPDATA%\postgresql\postgresql.key`. Размещение файлов сертификатов и закрытого ключа можно переопределить с помощью параметров подключения `sslcert` и `sslkey` либо переменных окружения `PGSSLCERT` и `PGSSLKEY`.

В системах Unix разрешения для файла закрытого ключа должны запрещать любой доступ к нему всем и группе; этого можно добиться командой `chmod 0600 ~/.postgresql/postgresql.key`. Возможен и другой вариант, когда этим файлом владеет root, а группа имеет доступ на чтение (то есть, маска разрешений `0640`). Данный вариант полезен, когда файлами сертификатов и ключей управляет сама операционная система. В этом случае пользователь, запускающий libpq, должен быть членом группы, имеющей доступ к указанным файлам сертификата и ключа. (В Microsoft Windows каталог `%APPDATA%\postgresql` считается защищённым, поэтому разрешения для файлов не проверяются.)

Первым сертификатом в `postgresql.crt` должен быть сертификат клиента, так как он должен соответствовать закрытому ключу клиента. Дополнительно в этот файл могут быть добавлены «промежуточные» сертификаты — это позволит избежать хранения всех промежуточных сертификатов на сервере (см. ssl_ca_file).

Сертификат и ключ могут задаваться в формате PEM или ASN.1 DER.

Ключ может быть сохранён в открытом виде или зашифрован любым поддерживаемым OpenSSL алгоритмом, например AES-128. Если ключ хранится зашифрованным, пароль для его расшифровывания может быть задан в параметре подключения sslpassword. Если же ключ зашифрован, а параметр `sslpassword` не задан или имеет пустое значение, пароль будет запрошен интерактивно средствами OpenSSL в приглашении `Enter PEM pass phrase:` (Введите пароль для PEM:) при условии наличия TTY. Приложения могут переопределить приглашение для запроса пароля сертификата и обработку параметра `sslpassword`, установив собственную функцию-обработчик пароля ключа; см. `PQsetSSLKeyPassHook_OpenSSL`.

За инструкциями по созданию сертификатов обратитесь к Подразделу 18.9.5.

33.18.3. Защита, обеспечиваемая в различных режимах

Разные значения параметра `sslmode` обеспечивают разные уровни защиты. SSL позволяет защититься от следующих типов атак:

Прослушивание

Если третья сторона может прослушивать сетевой трафик между клиентом и сервером, она может получить как информацию соединения (включая имя пользователя и пароль), так и передаваемые данные. Чтобы защититься от этого, SSL шифрует трафик.

Посредник (MITM)

Если третья сторона может модифицировать данные, передаваемые между клиентом и сервером, она может представиться сервером и, таким образом, сможет видеть и модифицировать данные, *даже если они зашифрованы*. Третья сторона затем может воспроизводить характеристики соединения и данные для подлинного сервера, что сделает невозможным обнаружение этой атаки. Векторами такой атаки может быть «отравление» DNS и подмена адресов, в результате чего клиент будет обращаться не к тому серверу, к которому нужно. Также есть несколько других вариантов реализации этой атаки. Для защиты в SSL применяется проверка сертификатов, в результате которой сервер доказывает свою подлинность клиенту.

Олицетворение

Если третья сторона может представляться авторизованным клиентом, она может просто обращаться к данным, к которым не должна иметь доступа. Обычно это происходит вследствие небезопасного управления паролями. В SSL для предотвращения этой угрозы используются клиентские сертификаты, гарантирующие, что к серверу могут обращаться только владельцы действительных сертификатов.

Чтобы соединение было гарантированно защищено SSL, механизм SSL должен быть настроен *на клиенте и на сервере*, прежде чем будет установлено соединение. Если он настроен только на сервере, клиент может начать передавать важную информацию (например, пароли), до того как поймёт, что сервер требует высокого уровня безопасности. В libpq для установления безопасных соединений нужно задать для параметра `sslmode` значение `verify-full` или `verify-ca` и предоставить системе корневой сертификат для проверки. В качестве аналогии можно привести использование адреса с `https` для безопасного просмотра веб-содержимого.

Когда подлинность сервера подтверждена, клиент может передавать конфиденциальные данные. Это значит, что до этого момента клиенту не нужно знать, применяются ли сертификаты для аутентификации, так что настройка использования сертификатов только на стороне сервера не угрожает безопасности.

Все варианты использования SSL подразумевают издержки шифрования и обмена ключами, что порождает необходимость выбора между производительностью и безопасностью. В Таблице 33.1 описываются риски, от которых защищают различные варианты `sslmode`, и приводятся утверждения относительно защиты и издержек.

Таблица 33.1. Описания режимов SSL

`sslmode`	**Защита от прослушивания**	**Защита от MITM**	**Утверждение**
`disable`	Нет	Нет	Мне не важна безопасность и я не приемлю издержки, связанные с шифрованием.
`allow`	Возможно	Нет	Мне не важна безопасность, но я приемлю издержки, связанные с шифрованием, если на этом настаивает сервер.
`prefer`	Возможно	Нет	Мне не важна безопасность, но я предпочитаю шифрование (и приемлю связанные издержки), если это поддерживает сервер.
`require`	Да	Нет	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Я доверяю сети в том, что она обеспечивает подключение к нужному серверу.
`verify-ca`	Да	Зависит от политики ЦС	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Мне нужна уверенность в том, что я подключаюсь к доверенному серверу.
`verify-full`	Да	Да	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Мне нужна уверенность в том, что я подключаюсь к доверенному серверу и это именно указанный мной сервер.

Различие вариантов verify-ca и verify-full зависит от характера корневого ЦС. Если используется публичный ЦС, режим verify-ca допускает подключение к серверу с сертификатом, который получил *кто угодно* в этом ЦС. В такой ситуации нужно всегда использовать режим verify-full. Если же используется локальный ЦС или даже самоподписанный сертификат, режим verify-ca обычно обеспечивает достаточную защиту.

По умолчанию параметр sslmode имеет значение prefer. Как показано в таблице, оно неэффективно с точки зрения безопасности и может только привносить дополнительные издержки. Оно выбрано по умолчанию исключительно для обратной совместимости и не рекомендуется для защищённых окружений.

33.18.4. Файлы, используемые клиентом SSL

В Таблице 33.2 перечислены файлы, имеющие отношение к настройке SSL на стороне клиента.

Таблица 33.2. Файлы, используемые клиентом SSL/libpq

Файл	Содержимое	Назначение
~/.postgresql/postgresql.crt	сертификат клиента	передаётся серверу
~/.postgresql/postgresql.key	закрытый ключ клиента	подтверждает клиентский сертификат, передаваемый владельцем; не гарантирует, что владелец сертификата заслуживает доверия
~/.postgresql/root.crt	сертификаты доверенных ЦС	позволяет проверить, что сертификат сервера подписан доверенным центром сертификации
~/.postgresql/root.crl	сертификаты, отозванные центрами сертификации	сертификат сервера должен отсутствовать в этом списке

33.18.5. Инициализация библиотеки SSL

Если ваше приложение инициализирует библиотеку libssl и/или libcrypto, и libpq собрана с поддержкой SSL, вы должны вызвать PQinitOpenSSL, чтобы сообщить libpq, что библиотека libssl и/или libcrypto уже инициализированы вашим приложением, чтобы libpq не пыталась ещё раз инициализировать их. Однако в этом нет необходимости при использовании OpenSSL версии 1.1.0 или выше, в которой решена проблема повторных инициализаций.

PQinitOpenSSL

Позволяет приложениям выбрать, какие библиотеки безопасности нужно инициализировать.

```
void PQinitOpenSSL(int do_ssl, int do_crypto);
```

Когда параметр *do_ssl* отличен от нуля, libpq будет инициализировать библиотеку OpenSSL перед первым подключением к базе данных. Когда параметр *do_crypto* не равен нулю, будет инициализироваться библиотека libcrypto. По умолчанию (если функция PQinitOpenSSL не вызывается) инициализируются обе библиотеки. Если поддержка SSL не была скомпилирована, эта функция присутствует, но ничего не делает.

Если ваше приложение использует и инициализирует библиотеку OpenSSL или её нижележащую библиотеку libcrypto, вы *должны* вызвать эту функцию, передав нули в соответствующих параметрах, перед первым подключением к базе данных. Собственно инициализацию также важно произвести перед установлением подключения.

PQinitSSL

Позволяет приложениям выбрать, какие библиотеки безопасности нужно инициализировать.

```
void PQinitSSL(int do_ssl);
```

Эта функция равнозначна вызову `PQinitOpenSSL(do_ssl, do_ssl)`. Приложениям достаточно инициализировать или не инициализировать обе библиотеки OpenSSL и `libcrypto` одновременно.

Функция `PQinitSSL` существует со времён PostgreSQL 8.0, тогда как `PQinitOpenSSL` появилась в PostgreSQL 8.4, так что `PQinitSSL` может быть предпочтительней для приложений, которым нужно работать с более старыми версиями libpq.

33.19. Поведение в многопоточных программах

Библиотека libpq по умолчанию поддерживает повторные вызовы и многопоточность. Для соответствующего варианта сборки вашего приложения вам может понадобиться передать компилятору специальные параметры командной строки. Чтобы узнать, как собрать многопоточное приложение, обратитесь к документации вашей системы или поищите в файле `src/Makefile.global` значения `PTHREAD_CFLAGS` и `PTHREAD_LIBS`. Эта функция позволяет узнать, поддерживает ли libpq многопоточность:

`PQisthreadsafe`

Возвращает состояние потокобезопасности в библиотеке libpq.

```
int PQisthreadsafe();
```

Возвращает 1, если библиотека libpq потокобезопасная, или 0 в противном случае.

Реализация многопоточности не лишена ограничений: два потока не должны пытаться одновременно работать с одним объектом `PGconn`. В частности, не допускается параллельное выполнение команд из разных потоков через один объект соединения. (Если вам нужно выполнять команды одновременно, используйте несколько соединений.)

Объекты `PGresult` после создания обычно доступны только для чтения, и поэтому их можно свободно передавать между потоками. Однако если вы используете какую-либо из функций, изменяющих `PGresult`, описанных в Разделе 33.11 или Разделе 33.13, вы должны также избегать одновременных обращений к одному объекту `PGresult`.

Устаревшие функции `PQrequestCancel` и `PQoidStatus` не являются потокобезопасными и не должны применяться в многопоточных программах. Вместо `PQrequestCancel` можно использовать `PQcancel`, а вместо `PQoidStatus` — `PQoidValue`.

Если вы применяете Kerberos в своём приложении (помимо возможного использования внутри libpq), вы должны обеспечить блокировку вокруг вызовов Kerberos, так как функции Kerberos не являются потокобезопасными. Обратите внимание на функцию `PQregisterThreadLock` в исходном коде libpq, позволяющую организовать совместные блокировки между libpq и вашим приложением.

33.20. Сборка программ с libpq

Чтобы собрать (то есть, скомпилировать и скомпоновать) программу, использующую libpq, вы должны проделать следующие действия:

- Включите заголовочный файл `libpq-fe.h`:

  ```
  #include <libpq-fe.h>
  ```

  Если вы не сделаете этого, обычно вас ждут примерно такие сообщения об ошибках от компилятора:

  ```
  foo.c: In function `main':
  foo.c:34: `PGconn' undeclared (first use in this function)
  foo.c:35: `PGresult' undeclared (first use in this function)
  foo.c:54: `CONNECTION_BAD' undeclared (first use in this function)
  ```

```
foo.c:68: `PGRES_COMMAND_OK' undeclared (first use in this function)
foo.c:95: `PGRES_TUPLES_OK' undeclared (first use in this function)
```

- Сообщите вашему компилятору каталог, в котором установлены заголовочные файлы PostgreSQL, передав ему параметр `-Iкаталог`. (В некоторых случаях компилятор сам может обращаться к нужному каталогу, так что этот параметр можно опустить.) Например, ваша команда компиляции может быть такой:

  ```
  cc -c -I/usr/local/pgsql/include testprog.c
  ```

  Если вы используете скрипты сборки Makefile, добавьте этот параметр в переменную `CPPFLAGS`:

  ```
  CPPFLAGS += -I/usr/local/pgsql/include
  ```

  Если существует возможность, что вашу программу будут компилировать другие пользователи, то путь к каталогу не следует жёстко задавать таким образом. Вместо этого вы можете воспользоваться утилитой `pg_config`и узнать, где в локальной системе находятся заголовочные файлы, следующим образом:

  ```
  $ pg_config --includedir
  /usr/local/include
  ```

  Если у вас установлена программа `pkg-config`, вместо этого вы можете выполнить:

  ```
  $ pkg-config --cflags libpq
  -I/usr/local/include
  ```

  Заметьте, что при этом перед путём сразу будет добавлен ключ `-I`.

  Если требуемый параметр не будет передан компилятору, вы получите примерно такое сообщение об ошибке:

  ```
  testlibpq.c:8:22: libpq-fe.h: No such file or directory
  ```

- При компоновке окончательной программы добавьте параметр `-lpq`, чтобы была подключена библиотека libpq, а также параметр `-Lкаталог`, указывающий на каталог, в котором находится libpq. (Опять же, компилятор будет просматривать определённые каталоги по умолчанию.) Для максимальной переносимости указывайте ключ `-L` перед параметром `-lpq`. Например:

  ```
  cc -o testprog testprog1.o testprog2.o -L/usr/local/pgsql/lib -lpq
  ```

  Каталог с библиотекой можно узнать, так же используя `pg_config`:

  ```
  $ pg_config --libdir
  /usr/local/pgsql/lib
  ```

  Или с помощью той же программы `pkg-config`:

  ```
  $ pkg-config --libs libpq
  -L/usr/local/pgsql/lib -lpq
  ```

  Заметьте, что и в этом случае выводится полностью сформированный параметр, а не только путь.

  В случае проблем в этой области возможны примерно такие сообщения об ошибках:

  ```
  testlibpq.o: In function `main':
  testlibpq.o(.text+0x60): undefined reference to `PQsetdbLogin'
  testlibpq.o(.text+0x71): undefined reference to `PQstatus'
  testlibpq.o(.text+0xa4): undefined reference to `PQerrorMessage'
  ```

  Они означают, что вы забыли добавить параметр `-lpq`.

  ```
  /usr/bin/ld: cannot find -lpq
  ```

  Такая ошибка означает, что вы забыли добавить ключ `-L` или не указали правильный каталог.

33.21. Примеры программ

Эти и другие примеры можно найти в каталоге `src/test/examples` в дистрибутиве исходного кода.

Пример 33.1. Первая программа, демонстрирующая использование libpq

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq.c
 *
 *
 * testlibpq.c
 *
 *      Test the C version of libpq, the PostgreSQL frontend library.
 */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "libpq-fe.h"

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn     *conn;
    PGresult   *res;
    int         nFields;
    int         i,
                j;

    /*
     * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
     * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
     * environment variables or defaults for all other connection parameters.
     */
    if (argc > 1)
        conninfo = argv[1];
    else
        conninfo = "dbname = postgres";

    /* Make a connection to the database */
    conn = PQconnectdb(conninfo);

    /* Check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
                PQerrorMessage(conn));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
    res = PQexec(conn,
```

```
                 "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }

    /*
     * Should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to avoid memory
     * leaks
     */
    PQclear(res);

    /*
     * Our test case here involves using a cursor, for which we must be inside
     * a transaction block.  We could do the whole thing with a single
     * PQexec() of "select * from pg_database", but that's too trivial to make
     * a good example.
     */

    /* Start a transaction block */
    res = PQexec(conn, "BEGIN");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
        fprintf(stderr, "BEGIN command failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    /*
     * Fetch rows from pg_database, the system catalog of databases
     */
    res = PQexec(conn, "DECLARE myportal CURSOR FOR select * from pg_database");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
        fprintf(stderr, "DECLARE CURSOR failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    res = PQexec(conn, "FETCH ALL in myportal");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "FETCH ALL failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }

    /* first, print out the attribute names */
    nFields = PQnfields(res);
    for (i = 0; i < nFields; i++)
        printf("%-15s", PQfname(res, i));
    printf("\n\n");

    /* next, print out the rows */
```

```
    for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
    {
        for (j = 0; j < nFields; j++)
            printf("%-15s", PQgetvalue(res, i, j));
        printf("\n");
    }

    PQclear(res);

    /* close the portal ... we don't bother to check for errors ... */
    res = PQexec(conn, "CLOSE myportal");
    PQclear(res);

    /* end the transaction */
    res = PQexec(conn, "END");
    PQclear(res);

    /* close the connection to the database and cleanup */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}
```

Пример 33.2. Вторая программа, демонстрирующая использование libpq

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq2.c
 *
 *
 * testlibpq2.c
 *      Test of the asynchronous notification interface
 *
 * Start this program, then from psql in another window do
 *   NOTIFY TBL2;
 * Repeat four times to get this program to exit.
 *
 * Or, if you want to get fancy, try this:
 * populate a database with the following commands
 * (provided in src/test/examples/testlibpq2.sql):
 *
 *   CREATE SCHEMA TESTLIBPQ2;
 *   SET search_path = TESTLIBPQ2;
 *   CREATE TABLE TBL1 (i int4);
 *   CREATE TABLE TBL2 (i int4);
 *   CREATE RULE r1 AS ON INSERT TO TBL1 DO
 *     (INSERT INTO TBL2 VALUES (new.i); NOTIFY TBL2);
 *
 * Start this program, then from psql do this four times:
 *
 *   INSERT INTO TESTLIBPQ2.TBL1 VALUES (10);
 */

#ifdef WIN32
#include <windows.h>
#endif
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

```
#include <string.h>
#include <errno.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#ifdef HAVE_SYS_SELECT_H
#include <sys/select.h>
#endif

#include "libpq-fe.h"

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn     *conn;
    PGresult   *res;
    PGnotify   *notify;
    int         nnotifies;

    /*
     * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
     * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
     * environment variables or defaults for all other connection parameters.
     */
    if (argc > 1)
        conninfo = argv[1];
    else
        conninfo = "dbname = postgres";

    /* Make a connection to the database */
    conn = PQconnectdb(conninfo);

    /* Check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
                PQerrorMessage(conn));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
    res = PQexec(conn,
                 "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }

    /*
```

```
     * Should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to avoid memory
     * leaks
     */
    PQclear(res);

    /*
     * Issue LISTEN command to enable notifications from the rule's NOTIFY.
     */
    res = PQexec(conn, "LISTEN TBL2");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
        fprintf(stderr, "LISTEN command failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    /* Quit after four notifies are received. */
    nnotifies = 0;
    while (nnotifies < 4)
    {
        /*
         * Sleep until something happens on the connection.  We use select(2)
         * to wait for input, but you could also use poll() or similar
         * facilities.
         */
        int         sock;
        fd_set      input_mask;

        sock = PQsocket(conn);

        if (sock < 0)
            break;              /* shouldn't happen */

        FD_ZERO(&input_mask);
        FD_SET(sock, &input_mask);

        if (select(sock + 1, &input_mask, NULL, NULL, NULL) < 0)
        {
            fprintf(stderr, "select() failed: %s\n", strerror(errno));
            exit_nicely(conn);
        }

        /* Now check for input */
        PQconsumeInput(conn);
        while ((notify = PQnotifies(conn)) != NULL)
        {
            fprintf(stderr,
                    "ASYNC NOTIFY of '%s' received from backend PID %d\n",
                    notify->relname, notify->be_pid);
            PQfreemem(notify);
            nnotifies++;
            PQconsumeInput(conn);
        }
    }

    fprintf(stderr, "Done.\n");
```

```
    /* close the connection to the database and cleanup */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}
```

Пример 33.3. Третья программа, демонстрирующая использование libpq

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq3.c
 *
 *
 * testlibpq3.c
 *      Test out-of-line parameters and binary I/O.
 *
 * Before running this, populate a database with the following commands
 * (provided in src/test/examples/testlibpq3.sql):
 *
 * CREATE SCHEMA testlibpq3;
 * SET search_path = testlibpq3;
 * SET standard_conforming_strings = ON;
 * CREATE TABLE test1 (i int4, t text, b bytea);
 * INSERT INTO test1 values (1, 'joe''s place', '\000\001\002\003\004');
 * INSERT INTO test1 values (2, 'ho there', '\004\003\002\001\000');
 *
 * The expected output is:
 *
 * tuple 0: got
 *  i = (4 bytes) 1
 *  t = (11 bytes) 'joe's place'
 *  b = (5 bytes) \000\001\002\003\004
 *
 * tuple 0: got
 *  i = (4 bytes) 2
 *  t = (8 bytes) 'ho there'
 *  b = (5 bytes) \004\003\002\001\000
 */

#ifdef WIN32
#include <windows.h>
#endif

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdint.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include "libpq-fe.h"

/* for ntohl/htonl */
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>


static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
```

```
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

/*
 * This function prints a query result that is a binary-format fetch from
 * a table defined as in the comment above.  We split it out because the
 * main() function uses it twice.
 */
static void
show_binary_results(PGresult *res)
{
    int         i,
                j;
    int         i_fnum,
                t_fnum,
                b_fnum;

    /* Use PQfnumber to avoid assumptions about field order in result */
    i_fnum = PQfnumber(res, "i");
    t_fnum = PQfnumber(res, "t");
    b_fnum = PQfnumber(res, "b");

    for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
    {
        char       *iptr;
        char       *tptr;
        char       *bptr;
        int         blen;
        int         ival;

        /* Get the field values (we ignore possibility they are null!) */
        iptr = PQgetvalue(res, i, i_fnum);
        tptr = PQgetvalue(res, i, t_fnum);
        bptr = PQgetvalue(res, i, b_fnum);

        /*
         * The binary representation of INT4 is in network byte order, which
         * we'd better coerce to the local byte order.
         */
        ival = ntohl(*((uint32_t *) iptr));

        /*
         * The binary representation of TEXT is, well, text, and since libpq
         * was nice enough to append a zero byte to it, it'll work just fine
         * as a C string.
         *
         * The binary representation of BYTEA is a bunch of bytes, which could
         * include embedded nulls so we have to pay attention to field length.
         */
        blen = PQgetlength(res, i, b_fnum);

        printf("tuple %d: got\n", i);
        printf(" i = (%d bytes) %d\n",
               PQgetlength(res, i, i_fnum), ival);
        printf(" t = (%d bytes) '%s'\n",
               PQgetlength(res, i, t_fnum), tptr);
        printf(" b = (%d bytes) ", blen);
```

```
        for (j = 0; j < blen; j++)
            printf("\\%03o", bptr[j]);
        printf("\n\n");
    }
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn     *conn;
    PGresult   *res;
    const char *paramValues[1];
    int         paramLengths[1];
    int         paramFormats[1];
    uint32_t    binaryIntVal;

    /*
     * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
     * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
     * environment variables or defaults for all other connection parameters.
     */
    if (argc > 1)
        conninfo = argv[1];
    else
        conninfo = "dbname = postgres";

    /* Make a connection to the database */
    conn = PQconnectdb(conninfo);

    /* Check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
                PQerrorMessage(conn));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
    res = PQexec(conn, "SET search_path = testlibpq3");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
        fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    /*
     * The point of this program is to illustrate use of PQexecParams() with
     * out-of-line parameters, as well as binary transmission of data.
     *
     * This first example transmits the parameters as text, but receives the
     * results in binary format.  By using out-of-line parameters we can avoid
     * a lot of tedious mucking about with quoting and escaping, even though
     * the data is text.  Notice how we don't have to do anything special with
     * the quote mark in the parameter value.
     */
```

```
/* Here is our out-of-line parameter value */
paramValues[0] = "joe's place";

res = PQexecParams(conn,
                   "SELECT * FROM test1 WHERE t = $1",
                   1,       /* one param */
                   NULL,    /* let the backend deduce param type */
                   paramValues,
                   NULL,    /* don't need param lengths since text */
                   NULL,    /* default to all text params */
                   1);      /* ask for binary results */

if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SELECT failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}

show_binary_results(res);

PQclear(res);

/*
 * In this second example we transmit an integer parameter in binary form,
 * and again retrieve the results in binary form.
 *
 * Although we tell PQexecParams we are letting the backend deduce
 * parameter type, we really force the decision by casting the parameter
 * symbol in the query text.  This is a good safety measure when sending
 * binary parameters.
 */

/* Convert integer value "2" to network byte order */
binaryIntVal = htonl((uint32_t) 2);

/* Set up parameter arrays for PQexecParams */
paramValues[0] = (char *) &binaryIntVal;
paramLengths[0] = sizeof(binaryIntVal);
paramFormats[0] = 1;        /* binary */

res = PQexecParams(conn,
                   "SELECT * FROM test1 WHERE i = $1::int4",
                   1,       /* one param */
                   NULL,    /* let the backend deduce param type */
                   paramValues,
                   paramLengths,
                   paramFormats,
                   1);      /* ask for binary results */

if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SELECT failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}
```

```
    show_binary_results(res);

    PQclear(res);

    /* close the connection to the database and cleanup */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}
```

Глава 34. Большие объекты

В PostgreSQL имеется механизм для работы с *большими объектами*, предоставляющий доступ в потоковом режиме к пользовательским данным, сохранённым в специальной структуре больших объектов. Потоковый доступ удобен, когда нужно обрабатывать данные, объём которых слишком велик, чтобы оперировать ими как единым целым.

В этой главе описывается реализация, а также программный интерфейс и функции языка запросов для работы с данными больших объектов PostgreSQL. В примерах в этой главе будет использоваться библиотека libpq для языка C, но та же функциональность поддерживается и другими программными интерфейсами PostgreSQL. Другие интерфейсы могут использовать внутри себя интерфейс больших объектов для реализации общего подхода к работе с большими значениями. Здесь это не описывается.

34.1. Введение

Все большие объекты хранятся в одной системной таблице с именем `pg_largeobject`. Для каждого большого объекта также имеется запись в системной таблице `pg_largeobject_metadata`. Большие объекты можно создавать, изменять и удалять, используя API чтения/записи, подобный стандартному API для работы с файлами.

PostgreSQL также поддерживает систему хранения, названную «TOAST», которая автоматически переносит значения, не умещающиеся в одну страницу таблицы, в дополнительную область хранилища. Вследствие этого подсистема больших объектов отчасти оказывается устаревшей. Однако её преимуществом остаётся то, что она позволяет сохранять значения размером до 4 Тбайт, тогда как поля в TOAST ограничиваются 1 Гбайтом. Кроме того, чтение и изменение больших объектов можно выполнять эффективнее по сравнению с полями TOAST, которые при большинстве операций считываются и записываются как единое целое.

34.2. Особенности реализации

Механизм больших объектов разбивает большие объекты на «фрагменты» и сохраняет эти фрагменты в строках таблицы. При произвольном доступе на запись и чтение быстрый поиск нужного фрагмента обеспечивается индексом-B-деревом в этой таблице.

Фрагменты больших объектов не должны быть последовательными. Например, если приложение откроет новый большой объект, переместится к смещению 1000000 байт и запишет несколько байт, это не приведёт к выделению лишнего 1000000 байт в хранилище; записаны будут только фрагменты, покрывающие диапазон собственно записанных байт. Операция чтения, однако, прочитает нули для всех неразмещённых в хранилище байт, предшествующих последнему записанному фрагменту. Это соответствует принятому поведению «разреженных» файлов в файловых системах Unix.

Начиная с PostgreSQL 9.0, для больших объектов назначается владелец и набор прав доступа, которыми можно управлять командами GRANT и REVOKE. Для чтения большого объекта требуются права `SELECT`, а для записи или усечения его — права `UPDATE`. Удалять большой объект, задавать комментарий для него, либо сменять его владельца разрешается только его владельцу (или суперпользователю базы данных). Для совместимости с предыдущими версиями можно скорректировать это поведение, изменив параметр времени выполнения lo_compat_privileges.

34.3. Клиентские интерфейсы

В этом разделе описываются средства, которые предоставляет клиентская библиотека PostgreSQL libpq для обращения к большим объектам. Интерфейс работы с большими объектами PostgreSQL создан по подобию интерфейса файловых систем Unix, так что он включает аналоги функций `open`, `read`, `write`, `lseek` и т. д.

Все операции с большими объектами с применением этих функций *должны* иметь место в блоке транзакции SQL, так как дескрипторы больших объектов актуальны только во время транзакции.

Если при выполнении одной из этих функций происходит ошибка, эта функция возвращает значение, иначе невозможное, обычно 0 или -1. Сообщение, описывающее ошибку, сохраняется в объекте соединения; получить его можно с помощью `PQerrorMessage`.

Клиентские приложения, которые используют эти функции, должны включать заголовочный файл `libpq/libpq-fs.h` и компоноваться с библиотекой libpq.

34.3.1. Создание большого объекта

Функция

```
Oid lo_creat(PGconn *conn, int mode);
```

создаёт новый большой объект. Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки. Параметр *`mode`* не используется и игнорируется, начиная с PostgreSQL 8.1; однако для обратной совместимости с более ранними выпусками в нём лучше задать значение `INV_READ`, `INV_WRITE` или `INV_READ | INV_WRITE`. (Эти константы определены в заголовочном файле `libpq/libpq-fs.h`.)

Пример:

```
inv_oid = lo_creat(conn, INV_READ|INV_WRITE);
```

Функция

```
Oid lo_create(PGconn *conn, Oid lobjId);
```

также создаёт новый большой объект. В *`lobjId`* можно задать назначаемый ему OID; при этом произойдёт ошибка, если этот OID уже присвоен какому-либо большому объекту. Если в *`lobjId`* передаётся `InvalidOid` (ноль), `lo_create` присваивает большому объекту свободный OID (так же, как и `lo_creat`). Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки.

Функция `lo_create` появилась в PostgreSQL 8.1; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено `InvalidOid`.

Пример:

```
inv_oid = lo_create(conn, desired_oid);
```

34.3.2. Импорт большого объекта

Чтобы импортировать в качестве большого объекта файл операционной системы, вызовите

```
Oid lo_import(PGconn *conn, const char *filename);
```

В *`filename`* задаётся имя файла в операционной системе, который будет импортирован как большой объект. Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки. Заметьте, что этот файл читает библиотека клиентского интерфейса, а не сервер; таким образом, он должен существовать в файловой системе на стороне клиента и быть доступным для чтения клиентскому приложению.

Функция

```
Oid lo_import_with_oid(PGconn *conn, const char *filename, Oid lobjId);
```

также импортирует новый большой объект. В *`lobjId`* можно задать назначаемый ему OID; при этом произойдёт ошибка, если этот OID уже присвоен какому-либо большому объекту. Если в *`lobjId`* передаётся `InvalidOid` (ноль), `lo_import_with_oid` присваивает большому объекту свободный OID (так же, как и `lo_import`). Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки.

Функция `lo_import_with_oid` появилась в PostgreSQL 8.4 и вызывает внутри `lo_create`, появившуюся в 8.1; если попытаться выполнить её с сервером версии 8.0 или ранней, она завершится ошибкой и возвратит `InvalidOid`.

34.3.3. Экспорт большого объекта

Чтобы экспортировать большой объект в файл операционной системы, вызовите

```
int lo_export(PGconn *conn, Oid lobjId, const char *filename);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID экспортируемого большого объекта, а в аргументе *filename* задаётся имя файла в операционной системе. Заметьте, что файл записывается библиотекой клиентского интерфейса, а не сервером. Возвращает 1 при успешном выполнении, -1 при ошибке.

34.3.4. Открытие существующего большого объекта

Чтобы открыть существующий большой объект для чтения или записи, вызовите

```
int lo_open(PGconn *conn, Oid lobjId, int mode);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID открываемого большого объекта. Биты в аргументе *mode* определяют, открывается ли файл для чтения (`INV_READ`), для записи (`INV_WRITE`), либо для чтения/записи. (Эти константы определяются в заголовочном файле `libpq/libpq-fs.h`.) Функция `lo_open` возвращает дескриптор большого объекта (неотрицательный) для последующего использования в функциях `lo_read`, `lo_write`, `lo_lseek`, `lo_lseek64`, `lo_tell`, `lo_tell64`, `lo_truncate`, `lo_truncate64` и `lo_close`. Этот дескриптор актуален только до завершения текущей транзакции. В случае ошибки возвращается -1.

В настоящее время сервер не различает режимы `INV_WRITE` и `INV_READ | INV_WRITE`: с таким дескриптором можно читать данные в любом случае. Однако есть значительное отличие этих режимов от одиночного `INV_READ`: с дескриптором `INV_READ` записывать данные нельзя, а данные, считываемые через него, будут отражать содержимое большого объекта в снимке транзакции, который был активен при выполнении `lo_open`, то есть не будут включать изменения, произведённые позже этой или другими транзакциями. При чтении с дескриптором `INV_WRITE` возвращаются данные, отражающие все изменения, произведённые другими зафиксированными транзакциями, а также текущей транзакцией. Это подобно различиям режимов `REPEATABLE READ` и `READ COMMITTED` для обычных команд SQL `SELECT`.

Функция `lo_open` завершится ошибкой, если пользователь не имеет права `SELECT` для данного большого объекта или если указан флаг `INV_WRITE` и отсутствует право `UPDATE`. (До PostgreSQL 11 права проверялись при первом фактическом вызове функции чтения или записи с этим дескриптором.) Отключить новые проверки можно с помощью параметра времени выполнения lo_compat_privileges.

Пример:

```
inv_fd = lo_open(conn, inv_oid, INV_READ|INV_WRITE);
```

34.3.5. Запись данных в большой объект

Функция

```
int lo_write(PGconn *conn, int fd, const char *buf, size_t len);
```

записывает *len* байт из буфера *buf* (который должен иметь размер *len*) в дескриптор большого объекта *fd*. В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом `lo_open`. Возвращает эта функция число фактически записанных байт (в текущей реализации это всегда *len*, если только не произошла ошибка). В случае ошибки возвращается значение -1.

Хотя параметр *len* объявлен как `size_t`, эта функция не принимает значение длины, превышающее `INT_MAX`. На практике всё равно лучше передавать данные фрагментами не больше нескольких мегабайт.

34.3.6. Чтение данных из большого объекта

Функция

```
int lo_read(PGconn *conn, int fd, char *buf, size_t len);
```

читает до *len* байт из дескриптора большого объекта *fd* в буфер *buf* (который должен иметь размер *len*). В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом `lo_open`. Возвращает эта функция число фактически прочитанных байт; это число должно быть меньше *len*, если при чтении был достигнут конец объекта. В случае ошибки возвращается -1.

Хотя параметр *len* объявлен как `size_t`, эта функция не принимает значение длины, превышающее `INT_MAX`. На практике всё равно лучше передавать данные фрагментами не больше нескольких мегабайт.

34.3.7. Перемещение в большом объекте

Чтобы изменить текущее положение чтения или записи, связанное с дескриптором большого объекта, вызовите

```
int lo_lseek(PGconn *conn, int fd, int offset, int whence);
```

Эта функция перемещает указатель текущего положения для дескриптора большого объекта *fd* в новое положение, заданное аргументом *offset*. Для аргумента *whence* задаются значения `SEEK_SET` (перемещение от начала объекта), `SEEK_CUR` (перемещение от текущего положения) и `SEEK_END` (перемещение от конца объекта). Возвращает эта функция новое положение указателя, либо -1 в случае ошибки.

Оперируя с большими объектами, размер которых превышает 2 ГБ, используйте

```
pg_int64 lo_lseek64(PGconn *conn, int fd, pg_int64 offset, int whence);
```

Эта функция действует так же, как и `lo_lseek`, но может принять значение *offset*, превышающее 2 ГБ, и/или вернуть результат, превышающий 2 ГБ. Заметьте, что если новое положение указателя оказывается за границей в 2ГБ, функция `lo_lseek` выдаёт ошибку.

Функция `lo_lseek64` появилась в PostgreSQL 9.3. Если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

34.3.8. Получение текущего положения в большом объекте

Чтобы получить текущее положение чтения или записи для дескриптора большого объекта, вызовите

```
int lo_tell(PGconn *conn, int fd);
```

Если возникает ошибка, возвращается -1.

Оперируя с большими объектами, размер которых может превышать 2 ГБ, используйте

```
pg_int64 lo_tell64(PGconn *conn, int fd);
```

Эта функция действует так же, как `lo_tell`, но может выдавать результат, превышающий 2 ГБ. Заметьте, что `lo_tell` выдаёт ошибку, если текущее положение чтения/записи оказывается за границей в 2 ГБ.

Функция `lo_tell64` появилась в PostgreSQL 9.3. Если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

34.3.9. Усечение большого объекта

Чтобы усечь большой объект до требуемой длины, вызовите

```
int lo_truncate(PGconn *conn, int fd, size_t len);
```

Эта функция усекает большой объект с дескриптором *fd* до длины *len*. В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом `lo_open`. Если *len* превышает текущую длину большого объекта, большой объект расширяется до заданной длины нулевыми байтами ('\0'). В случае успеха `lo_truncate` возвращает ноль, а при ошибке возвращается -1.

Положение чтения/записи, связанное с дескриптором *fd*, при этом не меняется.

Хотя параметр *len* объявлен как `size_t`, `lo_truncate` не принимает значение длины, превышающее `INT_MAX`.

Оперируя с большими объектами, размер которых может превышать 2 ГБ, используйте

```
int lo_truncate64(PGconn *conn, int fd, pg_int64 len);
```

Эта функция действует так же, как `lo_truncate`, но может принимать значения *len*, превышающие 2 ГБ.

Функция `lo_truncate` появилась в PostgreSQL 8.3; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

Функция `lo_truncate64` появилась в PostgreSQL 9.3; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

34.3.10. Закрытие дескриптора большого объекта

Дескриптор большого объекта можно закрыть, вызвав

```
int lo_close(PGconn *conn, int fd);
```

Здесь *fd* — дескриптор большого объекта, возвращённый функцией `lo_open`. В случае успеха `lo_close` возвращает ноль. При ошибке возвращается -1.

Все дескрипторы больших объектов, остающиеся открытыми в конце транзакции, закрываются автоматически.

34.3.11. Удаление большого объекта

Чтобы удалить большой объект из базы данных, вызовите

```
int lo_unlink(PGconn *conn, Oid lobjId);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID большого объекта, который нужно удалить. В случае успеха возвращается 1, а в случае ошибки -1.

34.4. Серверные функции

Функции, предназначенные для работы с большими объектами на стороне сервера из SQL, перечислены в Таблице 34.1.

Таблица 34.1. SQL-ориентированные функции для работы с большими объектами

Функция Описание Примеры

`lo_from_bytea` (*loid* `oid`, *data* `bytea`) → `oid`
Создаёт большой объект и сохраняет в нём переданные данные (*data*). Если *loid* равен нулю, система выбирает свободный OID, а иначе использует заданный идентификатор OID (и выдаёт ошибку, если этот OID уже назначен какому-то большому объекту). В случае успеха возвращается OID созданного большого объекта.
`lo_from_bytea(0, '\xffffff00')` → `24528`

`lo_put` (*loid* `oid`, *offset* `bigint`, *data* `bytea`) → `void` Записывает данные (*data*) в большой объект по заданному смещению; в случае необходимости большой объект расширяется. `lo_put(24528, 1, '\xaa')` →

`lo_get` (*loid* `oid` [, *offset* `bigint`, *length* `integer`]) → `bytea`
Извлекает содержимое большого объекта или его часть.
`lo_get(24528, 0, 3)` → `\xffaaff`

Каждой из клиентских функций, описанных ранее, соответствуют дополнительные функции на стороне сервера; на самом деле, по большей части клиентские функции представляют собой просто интерфейсы к равнозначным серверным функциям. К функциям, которые так же удобно вызывать командами SQL, относятся: `lo_creat`, `lo_create`, `lo_unlink`, `lo_import`и `lo_export`. Ниже приведены примеры их использования:

```
CREATE TABLE image (
    name            text,
    raster          oid
);

SELECT lo_creat(-1);       -- возвращает OID нового пустого большого объекта

SELECT lo_create(43213);   -- пытается создать большой объект с OID 43213

SELECT lo_unlink(173454);  -- удаляет большой объект с OID 173454

INSERT INTO image (name, raster)
    VALUES ('beautiful image', lo_import('/etc/motd'));

INSERT INTO image (name, raster)  -- то же, что выше, но с предопределённым OID
    VALUES ('beautiful image', lo_import('/etc/motd', 68583));

SELECT lo_export(image.raster, '/tmp/motd') FROM image
    WHERE name = 'beautiful image';
```

Серверные функции `lo_import` и `lo_export` значительно отличаются от их аналогов, выполняемых на стороне клиента. Эти две функции читают и пишут файлы в файловой системе сервера с правами пользователя-владельца базы данных. Поэтому по умолчанию использовать их разрешено только суперпользователям. Клиентские функции импорта и экспорта, напротив, используют права клиентской программы для чтения и записи файлов в файловой системе клиента. Для выполнения клиентских функций никакие права в базе данных не требуется, кроме права на чтение или запись требуемого большого объекта.

Внимание

Использование серверных функций `lo_import` и `lo_export` можно разрешить (воспользовавшись GRANT) не только суперпользователям, но при этом следует серьёзно оценить возможные угрозы безопасности. Злонамеренный пользователь, имея такие права, легко может стать суперпользователем (например, перезаписав файлы конфигурации сервера) или атаковать другие области файловой системы сервера, не стремясь получить полномочия суперпользователя в базе данных. *Поэтому доступ к ролям с такими правами должен ограничиваться так же строго, как и доступ к ролям суперпользователей.* Тем не менее, если серверные функции `lo_import` и `lo_export` необходимо применять для каких-либо регулярных операций, безопаснее будет использовать роль с такими правами, чем с правами суперпользователя, так как это помогает предохраниться от случайных ошибок.

Функциональность `lo_read` и `lo_write` также представляется через вызовы на стороне сервера, но имена серверных функций, в отличие от клиентских, не содержат символы подчёркивания. Эти функции нужно вызывать по именам `loread` и `lowrite`.

34.5. Пример программы

В Примере 34.1 представлена пробная программа, демонстрирующая использование интерфейса больших объектов в libpq. Части этой программы закомментированы, но оставлены в тексте для читателя. Эту программу также можно найти в `src/test/examples/testlo.c` в дистрибутиве исходного кода.

Пример 34.1. Пример использования больших объектов с применением libpq

```
/*-------------------------------------------------------------------------
 *
 * testlo.c
 *    test using large objects with libpq
 *
 * Portions Copyright (c) 1996-2020, PostgreSQL Global Development Group
 * Portions Copyright (c) 1994, Regents of the University of California
 *
 *
 * IDENTIFICATION
 *    src/test/examples/testlo.c
 *
 *-------------------------------------------------------------------------
 */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>

#include "libpq-fe.h"
#include "libpq/libpq-fs.h"

#define BUFSIZE         1024

/*
 * importFile -
 *    import file "in_filename" into database as large object "lobjOid"
 *
 */
static Oid
importFile(PGconn *conn, char *filename)
{
    Oid         lobjId;
    int         lobj_fd;
    char        buf[BUFSIZE];
    int         nbytes,
                tmp;
    int         fd;

    /*
     * open the file to be read in
     */
    fd = open(filename, O_RDONLY, 0666);
    if (fd < 0)
    {                           /* error */
        fprintf(stderr, "cannot open unix file\"%s\"\n", filename);
    }

    /*
     * create the large object
     */
    lobjId = lo_creat(conn, INV_READ | INV_WRITE);
    if (lobjId == 0)
```

```
        fprintf(stderr, "cannot create large object");

    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_WRITE);

    /*
     * read in from the Unix file and write to the inversion file
     */
    while ((nbytes = read(fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
    {
        tmp = lo_write(conn, lobj_fd, buf, nbytes);
        if (tmp < nbytes)
            fprintf(stderr, "error while reading \"%s\"", filename);
    }

    close(fd);
    lo_close(conn, lobj_fd);

    return lobjId;
}

static void
pickout(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
    int         lobj_fd;
    char       *buf;
    int         nbytes;
    int         nread;

    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
    if (lobj_fd < 0)
        fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

    lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
    buf = malloc(len + 1);

    nread = 0;
    while (len - nread > 0)
    {
        nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, len - nread);
        buf[nbytes] = '\0';
        fprintf(stderr, ">>> %s", buf);
        nread += nbytes;
        if (nbytes <= 0)
            break;              /* no more data? */
    }
    free(buf);
    fprintf(stderr, "\n");
    lo_close(conn, lobj_fd);
}

static void
overwrite(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
    int         lobj_fd;
    char       *buf;
    int         nbytes;
    int         nwritten;
    int         i;
```

```
    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_WRITE);
    if (lobj_fd < 0)
        fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

    lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
    buf = malloc(len + 1);

    for (i = 0; i < len; i++)
        buf[i] = 'X';
    buf[i] = '\0';

    nwritten = 0;
    while (len - nwritten > 0)
    {
        nbytes = lo_write(conn, lobj_fd, buf + nwritten, len - nwritten);
        nwritten += nbytes;
        if (nbytes <= 0)
        {
            fprintf(stderr, "\nWRITE FAILED!\n");
            break;
        }
    }
    free(buf);
    fprintf(stderr, "\n");
    lo_close(conn, lobj_fd);
}


/*
 * exportFile -
 *    export large object "lobjOid" to file "out_filename"
 *
 */
static void
exportFile(PGconn *conn, Oid lobjId, char *filename)
{
    int         lobj_fd;
    char        buf[BUFSIZE];
    int         nbytes,
                tmp;
    int         fd;

    /*
     * open the large object
     */
    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
    if (lobj_fd < 0)
        fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

    /*
     * open the file to be written to
     */
    fd = open(filename, O_CREAT | O_WRONLY | O_TRUNC, 0666);
    if (fd < 0)
    {                            /* error */
        fprintf(stderr, "cannot open unix file\"%s\"",
                filename);
```

```
    }

    /*
     * read in from the inversion file and write to the Unix file
     */
    while ((nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
    {
        tmp = write(fd, buf, nbytes);
        if (tmp < nbytes)
        {
            fprintf(stderr, "error while writing \"%s\"",
                    filename);
        }
    }

    lo_close(conn, lobj_fd);
    close(fd);

    return;
}

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    char       *in_filename,
               *out_filename;
    char       *database;
    Oid         lobjOid;
    PGconn     *conn;
    PGresult   *res;

    if (argc != 4)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s database_name in_filename out_filename\n",
                argv[0]);
        exit(1);
    }

    database = argv[1];
    in_filename = argv[2];
    out_filename = argv[3];

    /*
     * set up the connection
     */
    conn = PQsetdb(NULL, NULL, NULL, NULL, database);

    /* check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
```

```
                PQerrorMessage(conn));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
    res = PQexec(conn,
                 "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    res = PQexec(conn, "begin");
    PQclear(res);
    printf("importing file \"%s\" ...\n", in_filename);
/*  lobjOid = importFile(conn, in_filename); */
    lobjOid = lo_import(conn, in_filename);
    if (lobjOid == 0)
        fprintf(stderr, "%s\n", PQerrorMessage(conn));
    else
    {
        printf("\tas large object %u.\n", lobjOid);

        printf("picking out bytes 1000-2000 of the large object\n");
        pickout(conn, lobjOid, 1000, 1000);

        printf("overwriting bytes 1000-2000 of the large object with X's\n");
        overwrite(conn, lobjOid, 1000, 1000);

        printf("exporting large object to file \"%s\" ...\n", out_filename);
/*      exportFile(conn, lobjOid, out_filename); */
        if (lo_export(conn, lobjOid, out_filename) < 0)
            fprintf(stderr, "%s\n", PQerrorMessage(conn));
    }

    res = PQexec(conn, "end");
    PQclear(res);
    PQfinish(conn);
    return 0;
}
```

Глава 35. ECPG — Встраиваемый SQL в C

В этой главе описывается встраиваемый SQL для PostgreSQL. Авторы этой разработки: Линус Толке (<linus@epact.se>) и Михаэль Мескес (<meskes@postgresql.org>). Изначально этот проект предназначался для C. Сейчас он также работает с C++, но пока не распознаёт все конструкции C++.

Эта документация не абсолютно полная, но так как этот интерфейс стандартизирован, дополнительные сведения можно почерпнуть во многих ресурсах, посвящённых SQL.

35.1. Концепция

Программа со встраиваемым SQL состоит из кода, написанного на обычном языке программирования, в данном случае C, дополненного командами SQL в специально обозначенных секциях. Чтобы собрать программу, её исходный код (`*.pgc`) сначала нужно пропустить через препроцессор встраиваемого SQL, который превратит её в обычную программу на C (`*.c`), воспринимаемую компилятором C. (Подробнее компиляция и компоновка описывается в Разделе 35.10). Преобразованные приложения ECPG вызывают функции в библиотеке libpq через библиотеку встраиваемого SQL (ecpglib) и взаимодействуют с сервером PostgreSQL по обычному клиент-серверному протоколу.

Встраиваемый SQL имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами вызова команд SQL из кода C. Во-первых, этот механизм берёт на себя заботу о передаче информации через переменные в программе на C. Во-вторых, код SQL в программе проверяется на синтаксическую правильность во время сборки. В-третьих, встраиваемый SQL в C описан стандартом SQL и поддерживается многими другими СУБД SQL. Реализация в PostgreSQL разработана так, чтобы максимально соответствовать этому стандарту, поэтому обычно достаточно легко портировать в PostgreSQL программы с встраиваемым SQL, написанные для других СУБД.

Как уже сказано, программы, написанные для интерфейса встраиваемого SQL, представляют собой обычные программы на C с добавленным специальным кодом, который выполняет действия, связанные с базой данных. Этот специальный код всегда имеет следующую форму:

```
EXEC SQL ...;
```

Такие операторы синтаксически занимают место операторов C. В зависимости от конкретного оператора, они могут размещаться на глобальном уровне или внутри функции. Встраиваемые операторы SQL следуют правилам учёта регистра, принятым в обычном коде SQL, а не в C. Они также допускают вложенные комментарии в стиле C, разрешённые стандартом SQL. Однако остальная часть программы, написанная на C, в соответствии со стандартом C содержать вложенные комментарии не может.

Все встраиваемые SQL-операторы рассматриваются в следующих разделах.

35.2. Управление подключениями к базе данных

В этом разделе описывается, как открывать, закрывать и переключать подключения к базам данных.

35.2.1. Подключение к серверу баз данных

Подключение к базе данных выполняется следующим оператором:

```
EXEC SQL CONNECT TO цель-подключения [AS имя-подключения] [USER имя-пользователя];
```

Цель может задаваться следующими способами:

- `dbname[@имя_сервера][:порт]`
- `tcp:postgresql://имя_сервера[:порт][/dbname][?параметры]`
- `unix:postgresql://имя_сервера[:порт][/dbname][?параметры]`

- строковая константа SQL, содержащая одну из вышеприведённых записей
- ссылка на символьную переменную, содержащую одну из вышеприведённых записей (см. примеры)
- DEFAULT

Если цель подключения задаётся буквально (то есть не через переменную) и значение не заключается в кавычки, регистр в этой строке не учитывается, как в обычном SQL. В этом случае при необходимости также можно заключить в двойные кавычки отдельные параметры. На практике, чтобы не провоцировать ошибки, лучше заключать строку в апострофы, либо передавать её в переменной. С целью подключения DEFAULT устанавливается подключение к базе данных по умолчанию с именем пользователя по умолчанию. Другое имя пользователя или имя подключения в этом случае указать нельзя.

Также разными способами можно указать имя пользователя:

- *имя_пользователя*
- *имя_пользователя*/*пароль*
- *имя_пользователя* IDENTIFIED BY *пароль*
- *имя_пользователя* USING *пароль*

В показанных выше строках *имя_пользователя* и *пароль* могут задаваться идентификатором или строковой константой SQL, либо ссылкой на символьную переменную.

Если указание цели подключения включает какие-либо *параметры*, они должны записываться в виде *имя*=*значение* и разделяться амперсандами (&). В качестве имён параметров принимаются те же, что поддерживает libpq (см. Подраздел 33.1.2). Перед элементами *имя* или *значение* пробелы игнорируются, но сохраняются внутри или после этих элементов. Заметьте, что записать & внутри *значения* нет никакой возможности.

Указание *имя-подключения* применяется, когда в одной программе нужно использовать несколько подключений. Его можно опустить, если программа работает только с одним подключением. Соединение, открытое последним, становится текущим и будет использоваться по умолчанию при выполнении SQL-операторов (это описывается далее в этой главе).

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления схем, доступных всем для записи, из пути поиска (search_path). Например, добавьте options=-c search_path= в *options* или выполните EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); после подключения. Это касается не только ECPG, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

Вот некоторые примеры оператора CONNECT:

```
EXEC SQL CONNECT TO mydb@sql.mydomain.com;

EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://sql.mydomain.com/mydb AS myconnection USER john;

EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *target = "mydb@sql.mydomain.com";
const char *user = "john";
const char *passwd = "secret";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
 ...
EXEC SQL CONNECT TO :target USER :user USING :passwd;
/* или EXEC SQL CONNECT TO :target USER :user/:passwd; */
```

В последней форме используется вариант, названный выше ссылкой на символьную переменную. В последующих разделах вы узнаете, как в SQL-операторах можно использовать переменные C, приставляя перед именем двоеточие.

Учтите, что формат цели подключения не описывается в стандарте SQL. Поэтому, если вы хотите разрабатывать переносимые приложения, имеет смысл применить подход, показанный в последнем примере, и сформировать строку подключения отдельно.

35.2.2. Выбор подключения

SQL-операторы в программах со встраиваемым SQL по умолчанию выполняются с текущим подключением, то есть с подключением, которое было открыто последним. Если приложению нужно управлять несколькими подключениями, это можно сделать двумя способами.

Первый вариант — явно выбирать подключение для каждого SQL-оператора, например, так:

```
EXEC SQL AT имя-подключения SELECT ...;
```

Этот вариант хорошо подходит для случаев, когда приложению нужно использовать несколько подключений в смешанном порядке.

Если ваше приложение выполняется в нескольких потоках, они не могут использовать подключение одновременно. Поэтому вы должны либо явно управлять доступом (используя мьютексы), либо использовать отдельные подключения для каждого потока.

Второй вариант — выполнять оператор, переключающий текущее подключение. Этот оператор записывается так:

```
EXEC SQL SET CONNECTION имя-подключения;
```

Этот вариант особенно удобен, когда с одним подключением нужно выполнить несколько операторов.

Следующий пример программы демонстрирует управление несколькими подключениями к базам данных:

```
#include <stdio.h>

EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

int
main()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1 AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb2 AS con2 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb3 AS con3 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    /* This query would be executed in the last opened database "testdb3". */
    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb3)\n", dbname);

    /* Using "AT" to run a query in "testdb2" */
    EXEC SQL AT con2 SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb2)\n", dbname);

    /* Switch the current connection to "testdb1". */
    EXEC SQL SET CONNECTION con1;

    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb1)\n", dbname);
```

```
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

Этот пример должен вывести следующее:

```
current=testdb3 (should be testdb3)
current=testdb2 (should be testdb2)
current=testdb1 (should be testdb1)
```

35.2.3. Закрытие подключения

Чтобы закрыть подключение, примените следующий оператор:

```
EXEC SQL DISCONNECT [подключение];
```

Подключение можно задать следующими способами:

- *имя-подключения*
- CURRENT
- ALL

Если имя подключения не задано, закрывается текущее подключение.

Хорошим стилем считается, когда приложение явно закрывает каждое подключение, которое оно открыло.

35.3. Запуск команд SQL

В приложении со встраиваемым SQL можно запустить любую команду SQL. Ниже приведены несколько примеров, показывающих как это делать.

35.3.1. Выполнение SQL-операторов

Создание таблицы:

```
EXEC SQL CREATE TABLE foo (number integer, ascii char(16));
EXEC SQL CREATE UNIQUE INDEX num1 ON foo(number);
EXEC SQL COMMIT;
```

Добавление строк:

```
EXEC SQL INSERT INTO foo (number, ascii) VALUES (9999, 'doodad');
EXEC SQL COMMIT;
```

Удаление строк:

```
EXEC SQL DELETE FROM foo WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

Изменение:

```
EXEC SQL UPDATE foo
    SET ascii = 'foobar'
    WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

Операторы `SELECT`, возвращающие одну строку результата, также могут выполняться непосредственно командой `EXEC SQL`. Чтобы обработать наборы результатов с несколькими строками, приложение должно использовать курсоры; см. Подраздел 35.3.2 ниже. (В отдельных случаях приложение может выбрать сразу несколько строк в переменную массива; см. Подраздел 35.4.4.3.1.)

Выборка одной строки:

```
EXEC SQL SELECT foo INTO :FooBar FROM table1 WHERE ascii = 'doodad';
```

Так же можно получить параметр конфигурации командой `SHOW`:

```
EXEC SQL SHOW search_path INTO :var;
```

Идентификаторы вида `:имя` воспринимаются как *переменные среды*, то есть они ссылаются на переменные программы C. Они рассматриваются в Разделе 35.4.

35.3.2. Использование курсоров

Чтобы получить набор результатов, содержащий несколько строк, приложение должно объявить курсор и выбирать каждую строку через него. Использование курсора подразумевает следующие шаги: объявление курсора, открытие его, выборку строки через курсор, повторение предыдущего шага, и наконец, закрытие курсора.

Выборка с использованием курсоров:

```
EXEC SQL DECLARE foo_bar CURSOR FOR
    SELECT number, ascii FROM foo
    ORDER BY ascii;
EXEC SQL OPEN foo_bar;
EXEC SQL FETCH foo_bar INTO :FooBar, DooDad;
...
EXEC SQL CLOSE foo_bar;
EXEC SQL COMMIT;
```

Более подробно объявление курсора описывается в DECLARE, а команда `FETCH` описана в FETCH.

> **Примечание**
>
> Команда `DECLARE` в ECPG на самом деле не передаёт этот оператор серверу PostgreSQL. Курсор открывается на сервере (командой сервера `DECLARE`) в момент, когда выполняется команда `OPEN`.

35.3.3. Управление транзакциями

В режиме по умолчанию операторы фиксируются только когда выполняется `EXEC SQL COMMIT`. Интерфейс встраиваемого SQL также поддерживает автофиксацию транзакций (так работает libpq по умолчанию); она включается аргументом командной строки `-t` программы `ecpg` (см. ecpg) либо оператором `EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO ON`. В режиме автофиксации каждая команда фиксируется автоматически, если только она не помещена в явный блок транзакции. Этот режим можно выключить явным образом, выполнив `EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO OFF`.

Поддерживаются следующие команды управления транзакциями:

`EXEC SQL COMMIT`

Зафиксировать текущую транзакцию.

`EXEC SQL ROLLBACK`

Откатить текущую транзакцию.

`EXEC SQL PREPARE TRANSACTION`*ид_транзакции*

Подготовить текущую транзакцию для двухфазной фиксации.

`EXEC SQL COMMIT PREPARED`*ид_транзакции*

Зафиксировать транзакцию в подготовленном состоянии.

`EXEC SQL ROLLBACK PREPARED`*ид_транзакции*

Откатить транзакцию в подготовленном состоянии.

`EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO ON`

Включить режим автофиксации.

`EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO OFF`

Отключить режим автофиксации. По умолчанию он отключён.

35.3.4. Подготовленные операторы

Когда значения, передаваемые SQL-оператору, неизвестны во время компиляции, или один и тот же оператор будет использоваться многократно, могут быть полезны подготовленные операторы.

Оператор подготавливается командой `PREPARE`. Вместо значений, которые ещё неизвестны, вставляются местозаполнители «?»:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM "SELECT oid, datname FROM pg_database WHERE oid = ?";
```

Если оператор возвращает одну строку, приложение может вызвать `EXECUTE` после `PREPARE` для выполнения этого оператора, указав фактические значения для местозаполнителей в предложении `USING`:

```
EXEC SQL EXECUTE stmt1 INTO :dboid, :dbname USING 1;
```

Если оператор возвращает несколько строк, приложение может использовать курсор, объявленный на базе подготовленного оператора. Чтобы привязать входные параметры, курсор нужно открыть с предложением `USING`:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM "SELECT oid,datname FROM pg_database WHERE oid > ?";
EXEC SQL DECLARE foo_bar CURSOR FOR stmt1;

/* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

EXEC SQL OPEN foo_bar USING 100;
...
while (1)
{
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM foo_bar INTO :dboid, :dbname;
    ...
}
EXEC SQL CLOSE foo_bar;
```

Когда подготовленный оператор больше не нужен, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE PREPARE имя;
```

Подробнее оператор `PREPARE` описан в PREPARE. Также обратитесь к Разделу 35.5 за дополнительными сведениями о местозаполнителях и входных параметрах.

35.4. Использование переменных среды

В Разделе 35.3 вы увидели, как можно выполнять SQL-операторы в программе со встраиваемым SQL. Некоторые из этих операторов использовали только фиксированные значения и не давали возможности вставлять в операторы произвольные значения или обрабатывать значения, возвращённые запросом. Операторы такого вида не очень полезны в реальных приложениях. В этом разделе подробно описывается, как можно передавать данные между программой на C и встраиваемыми операторами SQL, используя простой механизм, так называемые *переменные среды*. В программе со встраиваемым SQL мы считаем SQL-операторы *внедрёнными* в код программы на C, *языке среды*. Таким образом, переменные программы на C называются *переменными среды*.

Ещё один способ передать значения данных между сервером PostgreSQL и приложениями ECPG заключается в использовании дескрипторов SQL, как описано в Разделе 35.7.

35.4.1. Обзор

Передавать данные между программой C и SQL-операторами во встраиваемом SQL очень просто. Вместо того, чтобы вставлять данные в оператор, что влечёт дополнительные усложнения, в частности нужно правильно заключать значения в кавычки, можно просто записать имя переменной C в SQL-операторе, предварив его двоеточием. Например:

```
EXEC SQL INSERT INTO sometable VALUES (:v1, 'foo', :v2);
```

Этот оператор обращается к двум переменным C с именами `v1` и `v2` и также использует обычную строковую константу SQL, показывая тем самым, что можно свободно сочетать разные виды данных.

Этот метод включения переменных C в SQL-операторы работает везде, где SQL-оператор принимает выражение значения.

35.4.2. Секции объявлений

Чтобы передать данные из программы в базу данных, например, в виде параметров запроса, либо получить данные из базы данных в программе, переменные C, которые должны содержать эти данные, нужно объявить в специально помеченных секциях, чтобы препроцессор встраиваемого SQL знал о них.

Секция начинается с:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

и заканчивается командой:

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Между этими строками должны располагаться обычные объявления переменных C, например:

```
int   x = 4;
char  foo[16], bar[16];
```

Как здесь показано, переменной можно присвоить начальное значение. Область видимости переменной определяется расположением секции, в которой она объявляется в программе. Вы также можете объявить переменную следующим образом (при этом неявно создаётся секция объявлений):

```
EXEC SQL int i = 4;
```

Вы можете включать в программу столько секций объявлений, сколько захотите.

Эти объявления выводятся в результирующий файл как объявления обычных переменных C, так что эти переменные не нужно объявлять снова. Переменные, которые не предназначены для использования в командах SQL, можно объявить как обычно вне этих специальных секций.

Определение структуры или объединения тоже должно размещаться в секции `DECLARE`. В противном случае препроцессор не сможет воспринять эти типы, так как не будет знать их определения.

35.4.3. Получение результатов запроса

Теперь вы умеете передавать данные, подготовленные вашей программой, в команду SQL. Но как получить результаты запроса? Для этой цели во встраиваемом SQL есть особые вариации обычных команд `SELECT` и `FETCH`. У этих команд есть специальное предложение `INTO`, определяющее, в какие переменные среды будут помещены получаемые значения. `SELECT` используется для запросов, возвращающих только одну строку, а `FETCH` применяется с курсором для запросов, возвращающих несколько строк.

Пример:

```
/*
 * предполагается существование такой таблицы:
```

```
 * CREATE TABLE test1 (a int, b varchar(50));
 */

EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int v1;
VARCHAR v2;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

 ...

EXEC SQL SELECT a, b INTO :v1, :v2 FROM test;
```

Предложение INTO размещается между списком выборки и предложением FROM. Число элементов в списке выборки должно равняться числу элементов в списке после INTO (также называемом целевым списком).

Следующий пример демонстрирует использование команды FETCH:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int v1;
VARCHAR v2;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

 ...

EXEC SQL DECLARE foo CURSOR FOR SELECT a, b FROM test;

 ...

do
{
    ...
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM foo INTO :v1, :v2;
    ...
} while (...);
```

Здесь предложение INTO размещается после всех остальных обычных предложений.

35.4.4. Сопоставление типов

Когда приложения ECPG передают данные между сервером PostgreSQL и программой на C, например, получая результаты запроса с сервера или выполняя операторы SQL с входными параметрам, эти данные должны преобразовываться из типов PostgreSQL в типы переменных языка среды (а именно типы языка C) и наоборот. Одно из главных качеств ECPG состоит в том, что в большинстве случаев он делает это автоматически.

В этом отношении можно выделить два вида типов данных. К первому относятся простые типы данных PostgreSQL, такие как integer и text, которые приложение может непосредственно читать и писать. С другими типами данных, такими как timestamp и numeric, можно работать только через специальные функции; см. Подраздел 35.4.4.2.

В Таблице 35.1 показано, как типы данных PostgreSQL соответствуют типам данных C. Когда нужно передать или получить значение определённого типа данных PostgreSQL, вы должны объявить переменную C соответствующего типа C в секции объявлений.

Таблица 35.1. Соответствие между типами данных PostgreSQL и типами переменных C

Тип данных PostgreSQL	Тип переменной среды C
smallint	short
integer	int

Тип данных PostgreSQL	Тип переменной среды C
bigint	long long int
decimal	decimal[a]
numeric	numeric[a]
real	float
double precision	double
smallserial	short
serial	int
bigserial	long long int
oid	unsigned int
character(*n*), varchar(*n*), text	char[*n*+1], VARCHAR[*n*+1]
name	char[NAMEDATALEN]
timestamp	timestamp[a]
interval	interval[a]
date	date[a]
boolean	bool[b]
bytea	char *, bytea[*n*]

[a]С этим типом можно работать только через специальные функции; см. Подраздел 35.4.4.2.
[b]объявляется в `ecpglib.h` при отсутствии стандартного объявления

35.4.4.1. Работа с символьными строками

Для обработки типов символьных строк SQL, таких как `varchar` и `text`, предлагаются два варианта объявления переменных среды.

Первый способ заключается в использовании `char[]`, массива `char`, как чаще всего и представляются символьные данные в C.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char str[50];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Заметьте, что о длине этого массива вы должны подумать сами. Если вы укажете данную переменную среды C в качестве целевой переменной запроса, возвращающего строку длиннее 49 символов, произойдёт переполнение буфера.

В качестве другого подхода можно использовать специальный тип `VARCHAR`, представленный в ECPG. Определение массива типа `VARCHAR` преобразуется в структуру (`struct`) с собственным именем для каждой переменной. Объявление вида:

```
VARCHAR var[180];
```

преобразуется в:

```
struct varchar_var { int len; char arr[180]; } var;
```

Член структуры `arr` содержит строку, включающую завершающий нулевой байт. Таким образом, чтобы сохранить строку в переменной типа `VARCHAR`, эта переменная должна быть объявлена с длиной, учитывающей завершающий нулевой байт. Член структуры `len` содержит длину строки, сохранённой в `arr`, без завершающего нулевого байта. Когда на вход запросу подаётся переменная среды C, у которой `strlen(arr)` отличается от `len`, применяется наименьшее значение.

`VARCHAR` можно записать в верхнем или нижнем регистре, но не в смешанном.

Переменные `char` и `VARCHAR` также могут содержать значения других типов SQL в их строковом представлении.

35.4.4.2. Обработка специальных типов данных

ECPG представляет некоторые особые типы, которые должны помочь вам легко оперировать некоторыми специальными типами данных PostgreSQL. В частности, в нём реализована поддержка типов `numeric`, `decimal`, `date`, `timestamp` и `interval`. Для этих типов нельзя подобрать полезное соответствие с примитивными типами среды (например, `int`, `long long int` или `char[]`), так как они имеют сложную внутреннюю структуру. Приложения, работающие с этими типами, должны объявлять переменные особых типов и работать с ними, применяя функции из библиотеки pgtypes. Эта библиотека, подробно описанная в Разделе 35.6 содержит базовые функции для оперирования этими типами, чтобы вам не требовалось, например, передавать запрос SQL-серверу, когда нужно просто добавить интервал к значению времени.

Эти особые типы данных описаны в следующих подразделах. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке pgtypes, обратитесь к Разделу 35.6.

35.4.4.2.1. timestamp, date

Для работы с переменными `timestamp` в приложении ECPG применяется следующая схема.

Сначала в программу нужно включить заголовочный файл, чтобы получить определение типа `timestamp`:

```
#include <pgtypes_timestamp.h>
```

Затем объявите в секции объявлений переменную типа `timestamp`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
timestamp ts;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Прочитав значение в эту переменную, выполняйте действия с ним, используя функции в библиотеке pgtypes. В следующем примере значение `timestamp` преобразуется в текстовый вид (ASCII) с помощью функции `PGTYPEStimestamp_to_asc()`:

```
EXEC SQL SELECT now()::timestamp INTO :ts;

printf("ts = %s\n", PGTYPEStimestamp_to_asc(ts));
```

Этот пример выведет такой результат:

```
ts = 2010-06-27 18:03:56.949343
```

Таким же образом можно работать и с типом DATE. В программу нужно включить `pgtypes_date.h`, объявить переменную типа date, и затем можно будет преобразовать значение DATE в текстовый вид, используя функцию `PGTYPESdate_to_asc()`. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке pgtypes, обратитесь к Разделу 35.6.

35.4.4.2.2. interval

Принцип работы с типом `interval` тот же, что и с типами `timestamp` и `date`, однако для значения типа `interval` нужно явно выделить память. Другими словами, блок памяти для этой переменной должен размещаться в области кучи, а не в стеке.

Пример программы:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pgtypes_interval.h>

int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    interval *in;
```

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    in = PGTYPESinterval_new();
    EXEC SQL SELECT '1 min'::interval INTO :in;
    printf("interval = %s\n", PGTYPESinterval_to_asc(in));
    PGTYPESinterval_free(in);

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

35.4.4.2.3. numeric, decimal

Типы `numeric` и `decimal` обрабатываются так же, как и тип `interval`: вы должны определить указатель, выделить некоторое пространство памяти в куче и обращаться к переменной, используя функции в библиотеке pgtypes. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке pgtypes, обратитесь к Разделу 35.6.

Для типа `decimal` никакие специальные функции не реализованы. Для дальнейшей обработки приложение должно преобразовать его в переменную `numeric`, применив функцию из библиотеки pgtypes.

Следующий пример демонстрирует работу с переменными типов `numeric` и `decimal`.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pgtypes_numeric.h>

EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    numeric *num;
    numeric *num2;
    decimal *dec;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    num = PGTYPESnumeric_new();
    dec = PGTYPESdecimal_new();

    EXEC SQL SELECT 12.345::numeric(4,2), 23.456::decimal(4,2) INTO :num, :dec;

    printf("numeric = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num, 0));
    printf("numeric = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num, 1));
    printf("numeric = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num, 2));

    /* Преобразовать decimal в numeric, чтобы вывести десятичное значение. */
    num2 = PGTYPESnumeric_new();
    PGTYPESnumeric_from_decimal(dec, num2);

    printf("decimal = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num2, 0));
```

```
    printf("decimal = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num2, 1));
    printf("decimal = %s\n", PGTYPESnumeric_to_asc(num2, 2));

    PGTYPESnumeric_free(num2);
    PGTYPESdecimal_free(dec);
    PGTYPESnumeric_free(num);

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

35.4.4.2.4. bytea

Работа с типом `bytea` организуется так же, как и с `VARCHAR`. Определение каждой переменной-массива типа `bytea` преобразуется в именованную структуру. Например, объявление:

```
bytea var[180];
```

преобразуется в:

```
struct bytea_var { int len; char arr[180]; } var;
```

Двоичные данные формата помещаются в поле `arr`. В отличие от типа `VARCHAR`, в данных `bytea` могут быть восприняты значения `'\0'`. Эти данные записываются/считываются и переводятся из шестнадцатеричного формата и обратно средствами ecpglib.

> **Примечание**
>
> Переменные `bytea` можно использовать, только когда параметр bytea_output равен `hex`.

35.4.4.3. Переменные среды для непримитивных типов

В качестве переменных среды также можно использовать массивы, определения типов, структуры и указатели.

35.4.4.3.1. Массивы

Для применения массивов в качестве переменных среды есть два варианта использования. Во-первых, в массиве `char[]` или `VARCHAR[]` можно сохранить текстовую строку, как рассказывалось в Подразделе 35.4.4.1. Во-вторых, в массив можно получить несколько строк из результата запроса, не используя курсор. Чтобы не применяя массивы, обработать результат запроса, состоящий из нескольких строк, нужно использовать курсор и команду `FETCH`. Но с переменными-массивами несколько строк можно получить сразу. Длина определяемого массива должна быть достаточной для размещения всех строк, иначе скорее всего произойдёт переполнение буфера.

Следующий пример сканирует системную таблицу `pg_database` и показывает все OID и имена доступных баз данных:

```
int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int dbid[8];
    char dbname[8][16];
    int i;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(dbname, 0, sizeof(char)* 16 * 8);
    memset(dbid, 0, sizeof(int) * 8);
```

```
    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    /* Получить в массивы сразу несколько строк. */
    EXEC SQL SELECT oid,datname INTO :dbid, :dbname FROM pg_database;

    for (i = 0; i < 8; i++)
        printf("oid=%d, dbname=%s\n", dbid[i], dbname[i]);

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

Этот пример выводит следующий результат. (Точные значения зависят от локальных обстоятельств.)

```
oid=1, dbname=template1
oid=11510, dbname=template0
oid=11511, dbname=postgres
oid=313780, dbname=testdb
oid=0, dbname=
oid=0, dbname=
oid=0, dbname=
```

35.4.4.3.2. Структуры

Для получения значений сразу нескольких столбцов можно применить структуру, имена членов которой совпадают с именами столбцов результата запроса. Структура позволяет обрабатывать значения нескольких столбцов в одной переменной среды C.

Следующий пример получает значения OID, имена и размеры имеющихся баз данных из системной таблицы `pg_database`, используя при этом функцию `pg_database_size()`. В этом примере переменная типа структуры `dbinfo_t` с членами, имена которых соответствуют именам всех столбцов результата `SELECT`, применяется для получения одной строки результата без вовлечения в оператор `FETCH` нескольких переменных среды.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef struct
    {
       int oid;
       char datname[65];
       long long int size;
    } dbinfo_t;

    dbinfo_t dbval;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(&dbval, 0, sizeof(dbinfo_t));

    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT oid, datname, pg_database_size(oid) AS size
 FROM pg_database;
    EXEC SQL OPEN cur1;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        /* Выбрать несколько столбцов в одну структуру. */
```

```
        EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :dbval;

        /* Напечатать члены структуры. */
        printf("oid=%d, datname=%s, size=%lld\n", dbval.oid, dbval.datname,
 dbval.size);
    }

    EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример показывает следующий результат. (Точные значения зависят от локальных обстоятельств.)

```
oid=1, datname=template1, size=4324580
oid=11510, datname=template0, size=4243460
oid=11511, datname=postgres, size=4324580
oid=313780, datname=testdb, size=8183012
```

Переменные среды типа структуры «вбирают в себя» столько столбцов, сколько полей содержит структура. Значения дополнительных столбцов можно присвоить другим переменным среды. Например, приведённую выше программу можно видоизменить следующим образом, разместив переменную `size` вне структуры:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef struct
    {
       int oid;
       char datname[65];
    } dbinfo_t;

    dbinfo_t dbval;
    long long int size;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(&dbval, 0, sizeof(dbinfo_t));

    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT oid, datname, pg_database_size(oid) AS size
 FROM pg_database;
    EXEC SQL OPEN cur1;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        /* Выбрать несколько столбцов в одну структуру. */
        EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :dbval, :size;

        /* Напечатать члены структуры. */
        printf("oid=%d, datname=%s, size=%lld\n", dbval.oid, dbval.datname, size);
    }

    EXEC SQL CLOSE cur1;
```

35.4.4.3.3. Определения типов

Чтобы сопоставить новые типы с уже существующими, используйте ключевое слово `typedef`.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef char mychartype[40];
    typedef long serial_t;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Заметьте, что вы также можете написать:

```
EXEC SQL TYPE serial_t IS long;
```

Это объявление не обязательно должно находиться в секции объявлений.

35.4.4.3.4. Указатели

Вы можете объявлять указатели на самые распространённые типы. Учтите, однако, что указатели нельзя использовать в качестве целевых переменных запросов без автовыделения. За дополнительными сведениями об автовыделении обратитесь к Разделу 35.7.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int   *intp;
    char **charp;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

35.4.5. Обработка непримитивных типов данных SQL

В этом разделе описывается как работать с нескалярными и пользовательскими типами уровня SQL в приложениях ECPG. Заметьте, что этот подход отличается от использования переменных непримитивных типов, описанного в предыдущем разделе.

35.4.5.1. Массивы

Многомерные массивы уровня SQL в ECPG напрямую не поддерживаются, но одномерные массивы уровня SQL могут быть сопоставлены с переменными-массивами среды C и наоборот. Однако учтите, что когда создаётся оператор, ecpg не знает типов столбцов, поэтому не может проверить, вводится ли массив C в соответствующий массив уровня SQL. Обрабатывая результат SQL-оператора, ecpg имеет необходимую информацию и таким образом может убедиться, что с обеих сторон массивы.

Если запрос обращается к отдельным *элементам* массива, это избавляет от необходимости применять массивы в ECPG. В этом случае следует использовать переменную среды C, имеющую тип, который можно сопоставить типу элемента. Например, если типом столбца является массив `integer`, можно использовать переменную среды типа `int`. Аналогично, если тип элемента — `varchar` или `text`, можно использовать переменную типа `char[]` или `VARCHAR[]`.

Предположим, что у нас есть таблица:

```
CREATE TABLE t3 (
    ii integer[]
);

testdb=> SELECT * FROM t3;
     ii
-------------
 {1,2,3,4,5}
(1 row)
```

Следующая программа получает 4-ый элемент массива и сохраняет его в переменной среды C, имеющей тип `int`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int ii;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii[4] FROM t3;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
```

```
{
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii ;
    printf("ii=%d\n", ii);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример выводит следующий результат:

```
ii=4
```

Чтобы сопоставить несколько элементов массива с несколькими элементами переменной-массивом среды, каждый элемент массива SQL нужно по отдельности связать с каждым элементом массива среды, например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int ii_a[8];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii[1], ii[2], ii[3], ii[4] FROM t3;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii_a[0], :ii_a[1], :ii_a[2], :ii_a[3];
    ...
}
```

Ещё раз обратите внимание, что в этом случае вариант

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int ii_a[8];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii FROM t3;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* НЕПРАВИЛЬНО */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii_a;
    ...
}
```

не будет работать корректно, так как столбец с типом массива нельзя напрямую сопоставить с переменной-массивом среды.

Можно также применить обходное решение — хранить массивы в их внешнем строковом представлении в переменных среды типа `char[]` или `VARCHAR[]`. Более подробно это представление описывается в Подразделе 8.15.2. Заметьте, это означает, что с таким массивом в программе нельзя будет работать естественным образом (без дополнительного разбора текстового представления).

35.4.5.2. Составные типы

Составные типы в ECPG напрямую не поддерживаются, но есть простое обходное решение. Для решения этой проблемы можно применить те же подходы, что были описаны выше для массивов: обращаться к каждому атрибуту по отдельности или использовать внешнее строковое представление.

Для следующих примеров предполагается, что существует такой тип и таблица:

```
CREATE TYPE comp_t AS (intval integer, textval varchar(32));
CREATE TABLE t4 (compval comp_t);
INSERT INTO t4 VALUES ( (256, 'PostgreSQL') );
```

Самое очевидное решение заключается в обращении к каждому атрибуту по отдельности. Следующая программа получает данные из тестовой таблицы, выбирая атрибуты типа `comp_t` по одному:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int intval;
varchar textval[33];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Указать каждый элемент столбца составного типа в списке SELECT. */
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).intval, (compval).textval FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Выбрать каждый элемент столбца составного типа в переменную среды C. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :intval, :textval;

    printf("intval=%d, textval=%s\n", intval, textval.arr);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

В развитие этого примера, переменные среды, в которые помещаются результаты команды `FETCH`, можно собрать в одну структуру. Подробнее переменные среды в форме структуры описываются в Подразделе 35.4.4.3.2. Чтобы перейти к структуре, пример можно изменить как показано ниже. Переменные среды, `intval` и `textval`, становятся членами структуры `comp_t`, и эта структура указывается в команде `FETCH`.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
typedef struct
{
    int intval;
    varchar textval[33];
} comp_t;

comp_t compval;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Поместить каждый элемент составного типа в список SELECT. */
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).intval, (compval).textval FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Поместить все значения списка SELECT в одну структуру. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :compval;

    printf("intval=%d, textval=%s\n", compval.intval, compval.textval.arr);
}
```

```
EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Хотя в команде FETCH используется структура, имена атрибутов в предложении SELECT задаются по одному. Это можно дополнительно улучшить, написав *, что будет обозначать все атрибуты значения составного типа.

```
...
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).* FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Выбрать все значения в списке SELECT в одну структуру. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :compval;

    printf("intval=%d, textval=%s\n", compval.intval, compval.textval.arr);
}
...
```

Таким образом составные типы можно сопоставить со структурами практически прозрачно, хотя ECPG и не понимает составные типы.

Наконец, также можно сохранить значения составного типа в их внешнем строковом представлении в переменных среды типа char[] или VARCHAR[]. Однако при таком подходе нет простой возможности обращаться из программы к полям значения.

35.4.5.3. Пользовательские базовые типы

Определяемые пользователем базовые типы не поддерживаются ECPG напрямую. Для них можно использовать внешнее строковое представление и переменные среды типа char[] или VARCHAR[], и это решение действительно будет подходящим и достаточным для большинства типов.

Следующий фрагмент кода демонстрирует использование типа данных complex из примера в Разделе 37.13. Внешнее строковое представление этого типа имеет форму (%f,%f) и определено в функциях complex_in() и complex_out() в Разделе 37.13. Следующий пример вставляет значения комплексного типа (1,1) и (3,3) в столбцы a и b, а затем выбирает их из таблицы.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    varchar a[64];
    varchar b[64];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES ('(1,1)', '(3,3)');

    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT a, b FROM test_complex;
    EXEC SQL OPEN cur1;

    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :a, :b;
        printf("a=%s, b=%s\n", a.arr, b.arr);
    }

    EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример выводит следующий результат:

```
a=(1,1), b=(3,3)
```

Другое обходное решение состоит в том, чтобы избегать прямого использования пользовательских типов в ECPG, а вместо этого создать функцию или приведение, выполняющее преобразование между пользовательским типом и примитивным типом, который может обработать ECPG. Заметьте, однако, что приведения типов, особенно неявные, нужно добавлять в систему типов очень осторожно.

Например:

```
CREATE FUNCTION create_complex(r double, i double) RETURNS complex
LANGUAGE SQL
IMMUTABLE
AS $$ SELECT $1 * complex '(1,0')' + $2 * complex '(0,1)' $$;
```

После такого определения следующий код

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
double a, b, c, d;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

a = 1;
b = 2;
c = 3;
d = 4;

EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES (create_complex(:a, :b),
 create_complex(:c, :d));
```

будет работать так же, как

```
EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES ('(1,2)', '(3,4)');
```

35.4.6. Индикаторы

Приведённые выше примеры никак не обрабатывали значения NULL. На самом деле, в примерах с извлечением данных возникнет ошибка, если они выберут из базы данных значение NULL. Чтобы можно было передавать значения NULL в базу данных или получать их из базы данных, вы должны добавить объявление второй переменной среды C для каждой переменной C, содержащей данные. Эта вторая переменная среды C называется *индикатором* и содержит флаг, показывающий, что в данных передаётся NULL, и при этом значение основной переменной среды C игнорируется. Следующий пример демонстрирует правильную обработку значений NULL:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
VARCHAR val;
int val_ind;
EXEC SQL END DECLARE SECTION:

 ...

EXEC SQL SELECT b INTO :val :val_ind FROM test1;
```

Переменная индикатора `val_ind` будет равна нулю, если значение не NULL, или отрицательному числу, если NULL. (Особенности, связанные с режимом совместимости с Oracle, описаны в Разделе 35.16.)

Индикатор выполняет ещё одну функцию: если он содержит положительное число, это означает, что значение не NULL, но оно было обрезано, когда сохранялось в переменной среды C.

Если препроцессору `ecpg` передаётся аргумент `-r no_indicator`, он работает в режиме «без индикатора». В этом режиме, если переменная индикатора не определена, значения NULL обозначаются (при вводе и выводе) для символьных строк пустой строкой, а для целочисленных типов наименьшим возможным значением этого типа (например, `INT_MIN` для `int`).

35.5. Динамический SQL

Во многих случаях конкретные SQL-операторы, которые должно выполнять приложение, известны в момент написания приложения. В некоторых случаях, однако, SQL-операторы формируются во время выполнения или поступают из внешнего источника. В этих случаях SQL-операторы нельзя внедрить непосредственно в исходный код C, но есть средство, позволяющее вызывать произвольные SQL-операторы, передаваемые в строковой переменной.

35.5.1. Выполнение операторов без набора результатов

Самый простой способ выполнить произвольный SQL-оператор — применить команду `EXECUTE IMMEDIATE`. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "CREATE TABLE test1 (...);";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL EXECUTE IMMEDIATE :stmt;
```

`EXECUTE IMMEDIATE` можно применять для SQL-операторов, которые не возвращают набор результатов (например, DDL, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`). Выполнять операторы, которые получают данные, (например, `SELECT`) таким образом нельзя. Как выполнять такие операторы, рассказывается в следующем разделе.

35.5.2. Выполнение оператора с входными параметрами

Более эффективно выполнять произвольный SQL-оператор можно, подготовив его один раз, а затем запуская подготовленный оператор столько, сколько нужно. Также можно подготовить обобщённую версию оператора, а затем выполнять специализированные его версии, подставляя в него параметры. Подготавливая оператор, поставьте знаки вопроса там, где позже хотите подставить параметры. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "INSERT INTO test1 VALUES(?, ?);";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :stmt;
 ...
EXEC SQL EXECUTE mystmt USING 42, 'foobar';
```

Когда подготовленный оператор больше не нужен, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE PREPARE имя;
```

35.5.3. Выполнение оператора с набором результатов

Для выполнения SQL-оператора с одной строкой результата можно применить команду `EXECUTE`. Чтобы сохранить результат, добавьте предложение `INTO`.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "SELECT a, b, c FROM test1 WHERE a > ?";
int v1, v2;
VARCHAR v3[50];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :stmt;
 ...
EXEC SQL EXECUTE mystmt INTO :v1, :v2, :v3 USING 37;
```

Команда `EXECUTE` может содержать предложение `INTO` и/или предложение `USING`, либо не содержать ни того, ни другого.

Если ожидается, что запрос вернёт более одной строки результата, следует применять курсор, как показано в следующем примере. (Подробно курсоры описываются в Подразделе 35.3.2.)

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
char dbaname[128];
char datname[128];
char *stmt = "SELECT u.usename as dbaname, d.datname "
             "  FROM pg_database d, pg_user u "
             "  WHERE d.datdba = u.usesysid";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :stmt;

EXEC SQL DECLARE cursor1 CURSOR FOR stmt1;
EXEC SQL OPEN cursor1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    EXEC SQL FETCH cursor1 INTO :dbaname,:datname;
    printf("dbaname=%s, datname=%s\n", dbaname, datname);
}

EXEC SQL CLOSE cursor1;

EXEC SQL COMMIT;
EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

35.6. Библиотека pgtypes

Библиотека pgtypes сопоставляет типы базы данных PostgreSQL с их эквивалентами в C, которые можно использовать в программах на C. Она также предлагает функции для выполнения простых вычислений с этими типами в C, то есть без помощи сервера PostgreSQL. Рассмотрите следующий пример:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
   date date1;
   timestamp ts1, tsout;
   interval iv1;
   char *out;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

PGTYPESdate_today(&date1);
EXEC SQL SELECT started, duration INTO :ts1, :iv1 FROM datetbl WHERE d=:date1;
PGTYPEStimestamp_add_interval(&ts1, &iv1, &tsout);
out = PGTYPEStimestamp_to_asc(&tsout);
printf("Started + duration: %s\n", out);
PGTYPESchar_free(out);
```

35.6.1. Символьные строки

Некоторые функции, в частности `PGTYPESnumeric_to_asc`, возвращают указатель на строку в выделенной для неё памяти. Их результаты должны освобождаться функцией `PGTYPESchar_free`, а не `free`. (Это важно только в Windows, где выделение и освобождение памяти в определённых случаях должно производиться одной библиотекой.)

35.6.2. Тип numeric

Тип numeric позволяет производить вычисления с произвольной точностью. Эквивалентный ему тип на сервере PostgreSQL описан в Разделе 8.1. Ввиду того, что переменная имеет произвольную точность, она должна расширяться и сжиматься динамически. Поэтому такие переменные можно создавать только в области кучи, используя функции `PGTYPESnumeric_new` и `PGTYPESnumeric_free`. Тип decimal подобен numeric, но имеет ограниченную точность, и поэтому может размещаться и в области кучи, и в стеке.

Для работы с типом numeric можно использовать следующие функции:

`PGTYPESnumeric_new`

Запрашивает указатель на новую переменную, размещённую в памяти.

```
numeric *PGTYPESnumeric_new(void);
```

`PGTYPESnumeric_free`

Освобождает переменную типа numeric, высвобождая всю её память.

```
void PGTYPESnumeric_free(numeric *var);
```

`PGTYPESnumeric_from_asc`

Разбирает числовой тип из строковой записи.

```
numeric *PGTYPESnumeric_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Допускаются в частности следующие форматы: `-2`, `.794`, `+3.44`, `592.49E07` и `-32.84e-4`. Если значение удаётся разобрать успешно, возвращается действительный указатель, в противном случае указатель NULL. На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать NULL.

`PGTYPESnumeric_to_asc`

Возвращает указатель на строку, выделенную функцией `malloc` и содержащую строковое представление значения `num` числового типа.

```
char *PGTYPESnumeric_to_asc(numeric *num, int dscale);
```

Числовое значение будет выводиться с заданным в `dscale` количеством цифр после запятой, округлённое при необходимости. Результат нужно освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

`PGTYPESnumeric_add`

Суммирует две числовые переменные и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_add(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция суммирует переменные `var1` и `var2` в результирующую переменную `result`. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_sub`

Вычисляет разность двух числовых переменных и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_sub(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция вычитает переменную `var2` из `var1`. Результат операции помещается в переменную `result`. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_mul`

Перемножает две числовые переменные и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_mul(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция перемножает переменные `var1` и `var2`. Результат операции сохраняется в переменной `result`. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_div`

Вычисляет частное двух числовых переменных и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_div(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция делит переменную `var1` на `var2`. Результат операции сохраняется в переменной `result`. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_cmp`

Сравнивает две числовые переменные.

```
int PGTYPESnumeric_cmp(numeric *var1, numeric *var2)
```

Эта функция производит сравнение двух числовых переменных. При ошибке возвращается `INT_MAX`. В случае успеха функция возвращает одно из трёх возможных значений:

- 1, если `var1` больше `var2`
- -1, если `var1` меньше `var2`
- 0, если `var1` и `var2` равны

`PGTYPESnumeric_from_int`

Преобразует переменную int в переменную numeric.

```
int PGTYPESnumeric_from_int(signed int int_val, numeric *var);
```

Эта функция принимает целочисленную переменную со знаком типа signed int и сохраняет её значение в переменной `var` типа numeric. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_from_long`

Преобразует переменную long int в переменную numeric.

```
int PGTYPESnumeric_from_long(signed long int long_val, numeric *var);
```

Эта функция принимает целочисленную переменную со знаком типа signed long int и сохраняет её значение в переменной `var` типа numeric. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_copy`

Копирует одну числовую переменную в другую.

```
int PGTYPESnumeric_copy(numeric *src, numeric *dst);
```

Эта функция копирует значение переменной, на которую указывает `src`, в переменную, на которую указывает `dst`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_from_double`

Преобразует переменную типа double в переменную numeric.

```
int  PGTYPESnumeric_from_double(double d, numeric *dst);
```

Эта функция принимает переменную типа double и сохраняет преобразованное значение в переменной, на которую указывает `dst`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

`PGTYPESnumeric_to_double`

Преобразует переменную типа numeric в переменную double.

```
int PGTYPESnumeric_to_double(numeric *nv, double *dp)
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает `nv`, в переменную типа double, на которую указывает `dp`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной `errno` дополнительно устанавливается значение `PGTYPES_NUM_OVERFLOW`.

`PGTYPESnumeric_to_int`

Преобразует переменную типа numeric в переменную int.

```
int PGTYPESnumeric_to_int(numeric *nv, int *ip);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает `nv`, в целочисленную переменную, на которую указывает `ip`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной `errno` дополнительно устанавливается значение `PGTYPES_NUM_OVERFLOW`.

`PGTYPESnumeric_to_long`

Преобразует переменную типа numeric в переменную long.

```
int PGTYPESnumeric_to_long(numeric *nv, long *lp);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает `nv`, в целочисленную переменную типа long, на которую указывает `lp`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной `errno` дополнительно устанавливается значение `PGTYPES_NUM_OVERFLOW`.

`PGTYPESnumeric_to_decimal`

Преобразует переменную типа numeric в переменную decimal.

```
int PGTYPESnumeric_to_decimal(numeric *src, decimal *dst);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает `src`, в переменную типа decimal, на которую указывает `dst`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной `errno` дополнительно устанавливается значение `PGTYPES_NUM_OVERFLOW`.

`PGTYPESnumeric_from_decimal`

Преобразует переменную типа decimal в переменную numeric.

```
int PGTYPESnumeric_from_decimal(decimal *src, numeric *dst);
```

Эта функция преобразует значение типа decimal переменной, на которую указывает `src`, в переменную типа numeric, на которую указывает `dst`. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке. Так как тип decimal реализован как ограниченная версия типа numeric, при таком преобразовании переполнение невозможно.

35.6.3. Тип date

Тип date, реализованный в C, позволяет программам работать с данными типа date в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом date можно использовать следующие функции:

`PGTYPESdate_from_timestamp`

Извлекает часть даты из значения типа timestamp.

```
date PGTYPESdate_from_timestamp(timestamp dt);
```

Эта функция получает в единственном аргументе значение времени типа timestamp и возвращает извлечённую из него дату.

`PGTYPESdate_from_asc`

Разбирает дату из её текстового представления.

```
date PGTYPESdate_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция получает строку C char* `str` и указатель на строку C char* `endptr`. На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать NULL.

Заметьте, что эта функция всегда подразумевает формат дат MDY (месяц-день-год) и никакой переменной для изменения этого формата в ECPG нет.

Все допустимые форматы ввода перечислены в Таблице 35.2.

Таблица 35.2. Допустимые форматы ввода для PGTYPESdate_from_asc

Ввод	Результат
`January 8, 1999`	`January 8, 1999`
`1999-01-08`	`January 8, 1999`
`1/8/1999`	`January 8, 1999`
`1/18/1999`	`January 18, 1999`
`01/02/03`	`February 1, 2003`
`1999-Jan-08`	`January 8, 1999`
`Jan-08-1999`	`January 8, 1999`
`08-Jan-1999`	`January 8, 1999`
`99-Jan-08`	`January 8, 1999`
`08-Jan-99`	`January 8, 1999`
`08-Jan-06`	`January 8, 2006`
`Jan-08-99`	`January 8, 1999`
`19990108`	`ISO 8601; January 8, 1999`
`990108`	`ISO 8601; January 8, 1999`
`1999.008`	`год и день года`
`J2451187`	`Юлианский день`
`January 8, 99 BC`	`99 год до нашей эры`

`PGTYPESdate_to_asc`

Возвращает текстовое представление переменной типа date.

```
char *PGTYPESdate_to_asc(date dDate);
```

Эта функция получает в качестве единственного параметра дату `dDate` и выводит её в виде `1999-01-18`, то есть в формате `YYYY-MM-DD`. Результат необходимо освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

`PGTYPESdate_julmdy`

Извлекает значения дня, месяца и года из переменной типа date.

```
void PGTYPESdate_julmdy(date d, int *mdy);
```

Эта функция получает дату `d` и указатель на 3 целочисленных значения `mdy`. Имя переменной указывает на порядок значений: в `mdy[0]` записывается номер месяца, в `mdy[1]` — номер дня, а в `mdy[2]` — год.

`PGTYPESdate_mdyjul`

Образует значение даты из массива 3 целых чисел, задающих день, месяц и год даты.

```
void PGTYPESdate_mdyjul(int *mdy, date *jdate);
```

Эта функция получает в первом аргументе массив из 3 целых чисел (`mdy`), а во втором указатель на переменную типа date, в которую будет помещён результат операции.

`PGTYPESdate_dayofweek`

Возвращает число, представляющее день недели для заданной даты.

```
int PGTYPESdate_dayofweek(date d);
```

Эта функция принимает в единственном аргументе переменную `d` типа date и возвращает целое число, выражающее день недели для этой даты.

- 0 — Воскресенье
- 1 — Понедельник
- 2 — Вторник
- 3 — Среда
- 4 — Четверг
- 5 — Пятница
- 6 — Суббота

`PGTYPESdate_today`

Выдаёт текущую дату.

```
void PGTYPESdate_today(date *d);
```

Эта функция получает указатель на переменную (`d`) типа date, в которую будет записана текущая дата.

`PGTYPESdate_fmt_asc`

Преобразует переменную типа date в текстовое представление по маске формата.

```
int PGTYPESdate_fmt_asc(date dDate, char *fmtstring, char *outbuf);
```

Эта функция принимает дату для преобразования (`dDate`), маску формата (`fmtstring`) и строку, в которую будет помещено текстовое представление даты (`outbuf`).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

В строке формата можно использовать следующие коды полей:

- `dd` — Номер дня в месяце.
- `mm` — Номер месяца в году.
- `yy` — Номер года в виде двух цифр.
- `yyyy` — Номер года в виде четырёх цифр.
- `ddd` — Название дня недели (сокращённое).
- `mmm` — Название месяца (сокращённое).

Все другие символы копируются в выводимую строку 1:1.

В Таблице 35.3 перечислены несколько возможных форматов. Это даёт представление, как можно использовать эту функцию. Все строки вывода даны для одной даты: 23 ноября 1959 г.

Таблица 35.3. Допустимые форматы ввода для `PGTYPESdate_fmt_asc`

Формат	Результат
`mmddyy`	`112359`
`ddmmyy`	`231159`
`yymmdd`	`591123`
`yy/mm/dd`	`59/11/23`
`yy mm dd`	`59 11 23`
`yy.mm.dd`	`59.11.23`
`.mm.yyyy.dd.`	`.11.1959.23.`
`mmm. dd, yyyy`	`Nov. 23, 1959`

Формат	Результат
mmm dd yyyy	Nov 23 1959
yyyy dd mm	1959 23 11
ddd, mmm. dd, yyyy	Mon, Nov. 23, 1959
(ddd) mmm. dd, yyyy	(Mon) Nov. 23, 1959

`PGTYPESdate_defmt_asc`

Преобразует строку C `char*` в значение типа date по маске формата.

```
int PGTYPESdate_defmt_asc(date *d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает указатель на переменную типа date (`d`), в которую будет помещён результат операции, маску формата для разбора даты (`fmt`) и строку C char*, содержащую текстовое представление даты (`str`). Ожидается, что текстовое представление будет соответствовать маске формата. Однако это соответствие не обязательно должно быть точным. Данная функция анализирует только порядок элементов и ищет в нём подстроки `yy` или `yyyy`, обозначающие позицию года, подстроку `mm`, обозначающую позицию месяца, и `dd`, обозначающую позицию дня.

В Таблица 35.4 перечислены несколько возможных форматов. Это даёт представление, как можно использовать эту функцию.

Таблица 35.4. Допустимые форматы ввода для `rdefmtdate`

Формат	Строка	Результат
ddmmyy	21-2-54	1954-02-21
ddmmyy	2-12-54	1954-12-02
ddmmyy	20111954	1954-11-20
ddmmyy	130464	1964-04-13
mmm.dd.yyyy	MAR-12-1967	1967-03-12
yy/mm/dd	1954, February 3rd	1954-02-03
mmm.dd.yyyy	041269	1969-04-12
yy/mm/dd	In the year 2525, in the month of July, mankind will be alive on the 28th day	2525-07-28
dd-mm-yy	I said on the 28th of July in the year 2525	2525-07-28
mmm.dd.yyyy	9/14/58	1958-09-14
yy/mm/dd	47/03/29	1947-03-29
mmm.dd.yyyy	oct 28 1975	1975-10-28
mmddyy	Nov 14th, 1985	1985-11-14

35.6.4. Тип timestamp

Тип timestamp, реализованный в C, позволяет программам работать с данными типа timestamp в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом timestamp можно использовать следующие функции:

`PGTYPEStimestamp_from_asc`

Разбирает значение даты/времени из текстового представления в переменную типа timestamp.

```
timestamp PGTYPEStimestamp_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция получает строку (`str`), которую нужно разобрать, и указатель на строку C char* (`endptr`). На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать NULL.

В случае успеха эта функция возвращает разобранное время, а в случае ошибки возвращается `PGTYPESInvalidTimestamp` и в `errno` устанавливается значение `PGTYPES_TS_BAD_TIMESTAMP`. См. замечание относительно `PGTYPESInvalidTimestamp`.

Вообще вводимая строка может содержать допустимое указание даты, пробельные символы и допустимое указание времени в любом сочетании. Заметьте, что часовые пояса ECPG не поддерживает. Эта функция может разобрать их, но не задействует их в вычислениях как это делает, например, сервер PostgreSQL. Указания часового пояса во вводимой строке просто игнорируются.

В Таблица 35.5 приведены несколько примеров вводимых строк.

Таблица 35.5. Допустимые форматы ввода для `PGTYPEStimestamp_from_asc`

Ввод	Результат
`1999-01-08 04:05:06`	`1999-01-08 04:05:06`
`January 8 04:05:06 1999 PST`	`1999-01-08 04:05:06`
`1999-Jan-08 04:05:06.789-8`	`1999-01-08 04:05:06.789 (указание часового пояса игнорируется)`
`J2451187 04:05-08:00`	`1999-01-08 04:05:00 (указание часового пояса игнорируется)`

`PGTYPEStimestamp_to_asc`

Преобразует значение даты в строку C char*.

```
char *PGTYPEStimestamp_to_asc(timestamp tstamp);
```

Эта функция принимает в качестве единственного аргумента `tstamp` значение типа timestamp и возвращает размещённую в памяти строку, содержащую текстовое представление даты/времени. Результат необходимо освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

`PGTYPEStimestamp_current`

Получает текущее время.

```
void PGTYPEStimestamp_current(timestamp *ts);
```

Эта функция получает текущее время и сохраняет его в переменной типа timestamp, на которую указывает `ts`.

`PGTYPEStimestamp_fmt_asc`

Преобразует переменную типа timestamp в строку C char* по маске формата.

```
int PGTYPEStimestamp_fmt_asc(timestamp *ts, char *output, int str_len, char
 *fmtstr);
```

Эта функция получает в первом аргументе (`ts`) указатель на переменную типа timestamp, а в последующих указатель на буфер вывода (`output`), максимальную длину строки, которую может принять буфер (`str_len`), и маску формата, с которой будет выполняться преобразование (`fmtstr`).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

В маске формата можно использовать коды формата, перечисленные ниже. Эти же коды принимает функция `strftime` из библиотеки libc. Любые символы, не относящиеся к кодам формата, будут просто скопированы в буфер вывода.

- `%A` — заменяется локализованным представлением полного названия дня недели.
- `%a` — заменяется локализованным представлением сокращённого названия дня недели.
- `%B` — заменяется локализованным представлением полного названия месяца.
- `%b` — заменяется локализованным представлением сокращённого названия месяца.
- `%C` — заменяется столетием (год / 100) в виде десятичного числа; одиночная цифра предваряется нулём.
- `%c` — заменяется локализованным представлением даты и времени.
- `%D` — равнозначно `%m/%d/%y`.
- `%d` — заменяется днём месяца в виде десятичного числа (01–31).
- `%E*` `%O*` — расширения локали POSIX. Последовательности `%Ec` `%EC` `%Ex` `%EX` `%Ey` `%EY` `%Od` `%Oe` `%OH` `%OI` `%Om` `%OM` `%OS` `%Ou` `%OU` `%OV` `%Ow` `%OW` `%Oy` должны выводить альтернативные представления.

  Кроме того, альтернативные названия месяцев представляет код формата `%OB` (используется отдельно, без упоминания дня).
- `%e` — заменяется днём в виде десятичного числа (1–31); одиночная цифра предваряется пробелом.
- `%F` — равнозначно `%Y-%m-%d`.
- `%G` — заменяется годом в виде десятичного числа (со столетием). При этом годом считается тот, что содержит наибольшую часть недели (дни недели начинаются с понедельника).
- `%g` — заменяется тем же годом, что и `%G`, но в виде десятичного числа без столетия (00–99).
- `%H` — заменяется часами (в 24-часовом формате) в виде десятичного числа (00–23).
- `%h` — равнозначно `%b`.
- `%I` — заменяется часами (в 12-часовом формате) в виде десятичного числа (01–12).
- `%j` — заменяется днём года в виде десятичного числа (001–366).
- `%k` — заменяется часами (в 24-часовом формате) в виде десятичного числа (0–23); одиночная цифра предваряется пробелом.
- `%l` — заменяется часами (в 12-часовом формате) в виде десятичного числа (1–12); одиночная цифра предваряется пробелом.
- `%M` — заменяется минутами в виде десятичного числа (00–59).
- `%m` — заменяется номером месяца в виде десятичного числа (01–12).
- `%n` — заменяется символом новой строки.
- `%O*` — равнозначно `%E*`.
- `%p` — заменяется локализованным представлением «до полудня» или «после полудня» в зависимости от времени.
- `%R` — равнозначно `%H:%M`.
- `%r` — равнозначно `%I:%M:%S %p`.
- `%S` — заменяется секундами в виде десятичного числа (00–60).
- `%s` — заменяется числом секунд с начала эпохи, по мировому времени (UTC).
- `%T` — равнозначно `%H:%M:%S`
- `%t` — заменяется символом табуляции.
- `%U` — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается воскресенье) в виде десятичного числа (00–53).

- %u — заменяется номером дня недели (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (1–7).
- %V — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (01–53). Если к недели, включающей 1 января, относятся 4 или больше дней нового года, она считается неделей с номером 1; в противном случае это последняя неделя предыдущего года, а неделей под номером 1 будет следующая.
- %v — равнозначно %e-%b-%Y.
- %W — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (00–53).
- %w — заменяется номером дня недели (первым днём недели считается воскресенье) в виде десятичного числа (0–6).
- %X — заменяется локализованным представлением времени.
- %x — заменяется локализованным представлением даты.
- %Y — заменяется годом со столетием в виде десятичного числа.
- %y — заменяется годом без столетия в виде десятичного числа (00–99).
- %Z — заменяется названием часового пояса.
- %z — заменяется смещением часового пояса от UTC; ведущий знак плюс обозначает смещение к востоку от UTC, а знак минус — к западу, часы и минуты задаются парами цифр без разделителя между ними (эта форма установлена для даты в RFC 822).
- %+ — заменяется локализованным представлением даты и времени.
- %-* — расширение GNU libc. Отключает дополнение чисел по ширине при выводе.
- $_* — расширение GNU libc. Явно включает дополнение пробелами.
- %0* — расширение GNU libc. Явно включает дополнение нулями.
- %% — заменяется символом %.

PGTYPEStimestamp_sub

Вычитает одно значение времени из другого и сохраняет результат в переменной типа interval.

```
int PGTYPEStimestamp_sub(timestamp *ts1, timestamp *ts2, interval *iv);
```

Эта функция вычитает значение типа timestamp, на которое указывает ts2, из значения timestamp, на которое указывает ts1, и сохраняет результат в переменной типа interval, на которую указывает iv.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

PGTYPEStimestamp_defmt_asc

Разбирает значение типа timestamp из текстового представления с заданной маской формата.

```
int PGTYPEStimestamp_defmt_asc(char *str, char *fmt, timestamp *d);
```

Эта функция получает текстовое представление даты/времени в переменной str, а также маску формата для разбора в переменной fmt. Результат будет сохранён в переменной, на которую указывает d.

Если вместо маски формата fmt передаётся NULL, эта функция переходит к стандартной маске форматирования, а именно: %Y-%m-%d %H:%M:%S.

Данная функция является обратной к функции PGTYPEStimestamp_fmt_asc. Обратитесь к её документации, чтобы узнать о возможных вариантах маски формата.

PGTYPEStimestamp_add_interval

Добавляет переменную типа interval к переменной типа timestamp.

```
int PGTYPEStimestamp_add_interval(timestamp *tin, interval *span, timestamp *tout);
```

Эта функция получает указатель на переменную `tin` типа timestamp и указатель на переменную `span` типа interval. Она добавляет временной интервал к значению даты/времени и сохраняет полученную дату/время в переменной типа timestamp, на которую указывает `tout`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`PGTYPEStimestamp_sub_interval`

Вычитает переменную типа interval из переменной типа timestamp.

```
int PGTYPEStimestamp_sub_interval(timestamp *tin, interval *span, timestamp *tout);
```

Эта функция вычитает значение типа interval, на которое указывает `span`, из значения типа timestamp, на которое указывает `tin`, и сохраняет результат в переменной, на которую указывает `tout`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

35.6.5. Тип interval

Тип interval, реализованный в C, позволяет программам работать с данными типа interval в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом interval можно использовать следующие функции:

`PGTYPESinterval_new`

Возвращает указатель на новую переменную interval, размещённую в памяти.

```
interval *PGTYPESinterval_new(void);
```

`PGTYPESinterval_free`

Освобождает место, занимаемое ранее размещённой в памяти переменной типа interval.

```
void PGTYPESinterval_free(interval *intvl);
```

`PGTYPESinterval_from_asc`

Разбирает значение типа interval из его текстового представления.

```
interval *PGTYPESinterval_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция разбирает входную строку `str` и возвращает указатель на размещённую в памяти переменную типа interval. На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать NULL.

`PGTYPESinterval_to_asc`

Преобразует переменную типа interval в текстовое представление.

```
char *PGTYPESinterval_to_asc(interval *span);
```

Эта функция преобразует переменную типа interval, на которую указывает `span`, в строку C char*. Её вывод выглядит примерно так: `@ 1 day 12 hours 59 mins 10 secs`. Результат необходимо освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

`PGTYPESinterval_copy`

Копирует переменную типа interval.

```
int PGTYPESinterval_copy(interval *intvlsrc, interval *intvldest);
```

Эта функция копирует переменную типа interval, на которую указывает `intvlsrc`, в переменную, на которую указывает `intvldest`. Заметьте, что для целевой переменной необходимо предварительно выделить память.

35.6.6. Тип decimal

Тип decimal похож на тип numeric, однако его максимальная точность ограничена 30 значащими цифрами. В отличие от типа numeric, который можно создать только в области кучи, тип decimal можно создать и в стеке, и в области кучи (посредством функций `PGTYPESdecimal_new` и `PGTYPESdecimal_free`). Для работы с типом decimal есть много других функций, подключаемых в режиме совместимости с Informix, описанном в Разделе 35.15.

Для работы с типом decimal можно использовать следующие функции (содержащиеся не в библиотеке `libcompat`).

`PGTYPESdecimal_new`

Запрашивает указатель на новую переменную decimal, размещённую в памяти.

```
decimal *PGTYPESdecimal_new(void);
```

`PGTYPESdecimal_free`

Освобождает переменную типа decimal, высвобождая всю её память.

```
void PGTYPESdecimal_free(decimal *var);
```

35.6.7. Значения errno, которые устанавливает pgtypeslib

`PGTYPES_NUM_BAD_NUMERIC`

Аргумент должен содержать переменную типа numeric (либо указывать на переменную типа numeric), но представление этого типа в памяти оказалось некорректным.

`PGTYPES_NUM_OVERFLOW`

Произошло переполнение. Так как тип numeric может принимать значения практически любой точности, при преобразовании этого типа в другие типы возможно переполнение.

`PGTYPES_NUM_UNDERFLOW`

Произошло антипереполнение. Так как тип numeric может принимать значения практически любой точности, при преобразовании переменной этого типа в другие типы возможно антипереполнение.

`PGTYPES_NUM_DIVIDE_ZERO`

Имела место попытка деления на ноль.

`PGTYPES_DATE_BAD_DATE`

Функции `PGTYPESdate_from_asc` передана некорректная строка даты.

`PGTYPES_DATE_ERR_EARGS`

Функции `PGTYPESdate_defmt_asc` переданы некорректные аргументы.

`PGTYPES_DATE_ERR_ENOSHORTDATE`

В строке, переданной функции `PGTYPESdate_defmt_asc`, оказался неправильный компонент даты.

`PGTYPES_INTVL_BAD_INTERVAL`

Функции `PGTYPESinterval_from_asc` передана некорректная строка, задающая интервал, либо функции `PGTYPESinterval_to_asc` передано некорректное значение интервала.

`PGTYPES_DATE_ERR_ENOTDMY`

Обнаружено несоответствие при выводе компонентов день/месяц/год в функции `PGTYPESdate_defmt_asc`.

`PGTYPES_DATE_BAD_DAY`

Функция `PGTYPESdate_defmt_asc` обнаружила некорректное значение дня месяца.

`PGTYPES_DATE_BAD_MONTH`

Функция `PGTYPESdate_defmt_asc` обнаружила некорректное значение месяца.

`PGTYPES_TS_BAD_TIMESTAMP`

Функции `PGTYPEStimestamp_from_asc` передана некорректная строка даты/времени, либо функции `PGTYPEStimestamp_to_asc` передано некорректное значение типа timestamp.

`PGTYPES_TS_ERR_EINFTIME`

Значение типа timestamp, представляющее бесконечность, получено в недопустимом контексте.

35.6.8. Специальные константы pgtypeslib

`PGTYPESInvalidTimestamp`

Значение типа timestamp, представляющее недопустимое время. Это значение возвращает функция `PGTYPEStimestamp_from_asc` при ошибке разбора. Заметьте, что вследствие особенности внутреннего представления типа `timestamp`, значение `PGTYPESInvalidTimestamp` в то же время представляет корректное время (`1899-12-31 23:59:59`). Поэтому для выявления ошибок необходимо, чтобы приложение не только сравнивало результат функции с `PGTYPESInvalidTimestamp`, но и проверяло условие `errno != 0` после каждого вызова `PGTYPEStimestamp_from_asc`.

35.7. Использование областей дескрипторов

Области дескрипторов SQL дают возможности для более сложной обработки результатов операторов `SELECT`, `FETCH` и `DESCRIBE`. Область дескриптора SQL объединяет в одной структуре данные одной строки и элементы метаданных. Эти метаданные особенно полезны при выполнении динамических SQL-операторов, когда характер результирующих столбцов может быть неизвестен заранее. PostgreSQL предлагает два подхода к использованию областей дескрипторов: именованные области SQL-дескрипторов и области SQLDA в структурах C.

35.7.1. Именованные области SQL-дескрипторов

Именованная область SQL-дескриптора состоит из заголовка, содержащего сведения обо всём дескрипторе, и одного или нескольких дескрипторов элементов, которые по сути описывают отдельные столбцы в строке результата.

Прежде чем вы сможете использовать область SQL-дескриптора, её нужно выделить:

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR идентификатор;
```

Заданный идентификатор играет роль «имени переменной» области дескриптора. Когда дескриптор оказывается ненужным, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR идентификатор;
```

Чтобы воспользоваться областью дескриптора, её нужно указать в качестве целевого объекта в предложении `INTO`, вместо перечисления переменных среды:

```
EXEC SQL FETCH NEXT FROM mycursor INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
```

Если набор результатов пуст, в области дескриптора будут тем не менее содержаться метаданные из запроса, то есть имена полей.

Получить метаданные набора результатов для ещё не выполненных подготовленных запросов можно, воспользовавшись оператором `DESCRIBE`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

```
char *sql_stmt = "SELECT * FROM table1";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :sql_stmt;
EXEC SQL DESCRIBE stmt1 INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
```

До PostgreSQL версии 9.0 ключевое слово `SQL` было необязательным, так что предложения `DESCRIPTOR` и `SQL DESCRIPTOR` создавали именованные области SQL-дескрипторов. Теперь оно стало обязательным; без слова `SQL` создаются области SQLDA, см. Подраздел 35.7.2.

В операторах `DESCRIBE` и `FETCH` ключевые слова `INTO` и `USING` действуют примерно одинаково: они указывают вывести набор результатов и метаданные в область дескриптора.

Возникает вопрос: а как же получить данные из области дескриптора? Область дескриптора можно представить как структуру с именованными полями. Чтобы получить значение поля из заголовка и сохранить его в переменной среды C, нужно выполнить команду:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR имя :переменная_среды = поле;
```

В настоящее время определено только одно поле заголовка: *`COUNT`*, которое говорит, сколько областей дескрипторов элементов существует (то есть, сколько столбцов содержится в результате). Переменная среды C должна иметь целочисленный тип. Чтобы получить поле из области дескриптора элемента, нужно выполнить команду:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR имя VALUE номер :переменная_среды = поле;
```

В качестве *`num`* можно задать обычное целое или переменную среды C, содержащую целое число. Допустимые поля:

`CARDINALITY` (integer)

: число строк в наборе результатов

`DATA`

: собственно элемент данных (тип данных поля зависит от запроса)

`DATETIME_INTERVAL_CODE` (целое)

: Когда `TYPE` равно `9`, `DATETIME_INTERVAL_CODE` содержит значение `1` для `DATE`, `2` для `TIME`, `3` для `TIMESTAMP`, `4` для `TIME WITH TIME ZONE`, либо `5` для `TIMESTAMP WITH TIME ZONE`.

`DATETIME_INTERVAL_PRECISION` (целое)

: не реализовано

`INDICATOR` (целое)

: индикатор (отмечающий значение NULL или усечение значения)

`KEY_MEMBER` (целое)

: не реализовано

`LENGTH` (целое)

: длина данных в символах

`NAME` (строка)

: имя столбца

`NULLABLE` (целое)

: не реализовано

`OCTET_LENGTH` (целое)

: длина символьного представления данных в байтах

`PRECISION` (целое)
: точность (для типа `numeric`)

`RETURNED_LENGTH` (целое)
: длина данных в символах

`RETURNED_OCTET_LENGTH` (целое)
: длина символьного представления данных в байтах

`SCALE` (целое)
: масштаб (для типа `numeric`)

`TYPE` (целое)
: числовой код типа данных столбца

В операторах `EXECUTE`, `DECLARE` и `OPEN` ключевые слова `INTO` и `USING` действуют по-разному. Область дескриптора также можно сформировать вручную, чтобы передать входные параметры запросу или курсору, а команда `USING SQL DESCRIPTOR` *имя* даёт возможность передать входные аргументы параметризованному запросу. Оператор, формирующий именованную область SQL-дескриптора, выглядит так:

```
EXEC SQL SET DESCRIPTOR имя VALUE номер поле = :переменная_среды;
```

PostgreSQL поддерживает выборку сразу нескольких записей в одном операторе `FETCH` и может сохранить их данные в переменной среды C, если эта переменная — массив. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int id[5];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL FETCH 5 FROM mycursor INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;

EXEC SQL GET DESCRIPTOR mydesc VALUE 1 :id = DATA;
```

35.7.2. Области дескрипторов SQLDA

Область дескриптора SQLDA представляет собой структуру языка C, в которую можно получить набор результатов и метаданные запроса. Одна такая структура содержит одну запись из набора данных.

```
EXEC SQL include sqlda.h;
sqlda_t         *mysqlda;

EXEC SQL FETCH 3 FROM mycursor INTO DESCRIPTOR mysqlda;
```

Заметьте, что ключевое слово `SQL` в этом случае опускается. Замечания относительно применения ключевых слов `INTO` и `USING` в Подразделе 35.7.1 применимы и здесь, с дополнением. В операторе `DESCRIBE` можно полностью опустить ключевое слово `DESCRIPTOR`, если присутствует ключевое слово `INTO`:

```
EXEC SQL DESCRIBE prepared_statement INTO mysqlda;
```

Общая схема использования SQLDA выглядит так:

1. Подготовить запрос и объявить курсор для него.
2. Объявить SQLDA для строк результата.
3. Объявить SQLDA для входных параметров и инициализировать их (выделить память, задать параметры).
4. Открыть курсор с входной SQLDA.

5. Выбрать строки из курсора и сохранить их в выходной SQLDA.
6. Прочитать значения из выходной SQLDA в переменные среды (и преобразовать при необходимости).
7. Закрыть курсор.
8. Освободить область памяти, выделенную для входной SQLDA.

35.7.2.1. Структура данных SQLDA

Для SQLDA используются три типа данных: `sqlda_t`, `sqlvar_t` и `struct sqlname`.

> **Подсказка**
>
> Структура данных SQLDA в PostgreSQL подобна той, что используется в IBM DB2 Universal Database, так что часть технической информации по SQLDA в DB2 может быть полезна и для понимания устройства SQLDA в PostgreSQL.

35.7.2.1.1. Структура sqlda_t

Тип структуры `sqlda_t` представляет тип собственно SQLDA. Эта структура описывает одну запись. Две или более структур `sqlda_t` могут объединяться в связанный список по указателям в поле `desc_next`, и таким образом образовывать упорядоченный набор строк. Поэтому, когда выбираются две или более строк, приложение может прочитать их, проследуя по указателям `desc_next` во всех узлах `sqlda_t`.

Тип `sqlda_t` определяется так:

```
struct sqlda_struct
{
    char            sqldaid[8];
    long            sqldabc;
    short           sqln;
    short           sqld;
    struct sqlda_struct *desc_next;
    struct sqlvar_struct sqlvar[1];
};

typedef struct sqlda_struct sqlda_t;
```

Его поля имеют следующее назначение:

`sqldaid`

: Содержит строковую константу "`SQLDA  `".

`sqldabc`

: Содержит размер выделенного пространства в байтах.

`sqln`

: Содержит число входных параметров для параметризованного запроса, когда передаётся в операторы `OPEN`, `DECLARE` или `EXECUTE` с ключевым словом `USING`. В структуре, выводимой операторами `SELECT`, `EXECUTE` или `FETCH`, данное значение совпадает с `sqld`.

`sqld`

: Содержит число полей в наборе результатов.

`desc_next`

: Если запрос выдаёт несколько записей, возвращается несколько связанных структур SQLDA, а `desc_next` содержит указатель на следующую запись в списке.

`sqlvar`

Это массив столбцов в наборе результатов.

35.7.2.1.2. Структура sqlvar_t

Тип структуры `sqlvar_t` содержит значение столбца и метаданные, в частности, тип и длину. Эта структура определяется так:

```
struct sqlvar_struct
{
    short          sqltype;
    short          sqllen;
    char          *sqldata;
    short         *sqlind;
    struct sqlname sqlname;
};

typedef struct sqlvar_struct sqlvar_t;
```

Её поля имеют следующее назначение:

`sqltype`

Содержит идентификатор типа данного поля. Возможные значения перечислены в `enum ECPGttype` в `ecpgtype.h`.

`sqllen`

Содержит двоичную длину поля, например 4 байта для `ECPGt_int`.

`sqldata`

Указывает на данные. Формат данных описан в Подразделе 35.4.4.

`sqlind`

Указывает на индикатор NULL. 0 соответствует значению не NULL, -1 — NULL.

`sqlname`

Имя поля.

35.7.2.1.3. Структура struct sqlname

Структура `struct sqlname` содержит имя столбца. Она включена в `sqlvar_t` в качестве члена. Эта структура определена так:

```
#define NAMEDATALEN 64

struct sqlname
{
        short           length;
        char            data[NAMEDATALEN];
};
```

Её поля имеют следующее назначение:

`length`

Содержит длину имени поля.

`data`

Содержит собственно имя поля.

35.7.2.2. Получение набора результатов с применением SQLDA

Чтобы получить набор результатов запроса через SQLDA, нужно проделать примерно следующее:

1. Объявить структуру sqlda_t для получения набора результатов.
2. Выполнить команды FETCH/EXECUTE/DESCRIBE для обработки запроса с указанной SQLDA.
3. Определить число записей в наборе результатов, прочитав sqln, член структуры sqlda_t.
4. Получить значения каждого столбца из элементов sqlvar[0], sqlvar[1] и т. д., составляющих массив, включённый в структуру sqlda_t.
5. Перейти к следующей строке (структуре sqlda_t) по указателю desc_next, члену структуры sqlda_t.
6. При необходимости повторить эти действия.

Далее показывается, как получить набор результатов через SQLDA.

Сначала объявите структуру sqlda_t, в которую будет помещён набор результатов.

```
sqlda_t *sqlda1;
```

Затем укажите эту SQLDA в команде. В данном примере это команда FETCH.

```
EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqlda1;
```

Обработайте все строки в цикле с переходом по связанному списку.

```
sqlda_t *cur_sqlda;

for (cur_sqlda = sqlda1;
     cur_sqlda != NULL;
     cur_sqlda = cur_sqlda->desc_next)
{
    ...
}
```

Внутри этого цикла реализуйте ещё один цикл чтения данных каждого столбца (структуры sqlvar_t) в строке.

```
for (i = 0; i < cur_sqlda->sqld; i++)
{
    sqlvar_t v = cur_sqlda->sqlvar[i];
    char *sqldata = v.sqldata;
    short sqllen  = v.sqllen;
    ...
}
```

Чтобы получить значение столбца, прочитайте значение поля sqltype, члена структуры sqlvar_t. Затем выберите подходящий способ, в зависимости от типа столбца, копирования данных из поля sqlvar в переменную среды C.

```
char var_buf[1024];

switch (v.sqltype)
{
    case ECPGt_char:
        memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
        memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf) <= sqllen ? sizeof(var_buf) - 1 :
 sqllen));
        break;

    case ECPGt_int: /* integer */
        memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
        snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
        break;
```

```
    ...
}
```

35.7.2.3. Передача значений параметров через SQLDA

Чтобы передать параметры подготовленному запросу через SQLDA, нужно проделать примерно следующее:

1. Создать подготовленный запрос (подготовленный оператор)
2. Объявить структуру sqlda_t в качестве входной SQLDA.
3. Выделить область памяти (структуру sqlda_t) для входной SQLDA.
4. Установить (скопировать) входные значения в выделенной памяти.
5. Открыть курсор, указав входную SQLDA.

Рассмотрим это на примере.

Сначала создайте подготовленный оператор.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
char query[1024] = "SELECT d.oid, * FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE d.oid
 = s.datid AND (d.datname = ? OR d.oid = ?)";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
```

Затем выделите память для SQLDA и установите число входных параметров в поле `sqln`, члене структуры `sqlda_t`. Когда для подготовленного запроса требуются два или более входных параметров, приложение должно выделить дополнительное место в памяти, размер которого вычисляется как (число параметров - 1) * sizeof(sqlvar_t). В показанном здесь примере выделяется место для двух параметров.

```
sqlda_t *sqlda2;

sqlda2 = (sqlda_t *) malloc(sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
memset(sqlda2, 0, sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));

sqlda2->sqln = 2; /* число входных переменных */
```

Выделив память, сохраните значения параметров в массиве `sqlvar[]`. (Этот же массив используется для значений столбцов, когда SQLDA получает набор результатов.) В данном примере передаются два параметра: "`postgres`" (строкового типа) и `1` (целочисленного типа).

```
sqlda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
sqlda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
sqlda2->sqlvar[0].sqllen  = 8;

int intval = 1;
sqlda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
sqlda2->sqlvar[1].sqldata = (char *) &intval;
sqlda2->sqlvar[1].sqllen  = sizeof(intval);
```

Откройте курсор с указанием ранее созданной SQLDA, чтобы входные параметры были переданы подготовленному оператору.

```
EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqlda2;
```

Наконец, закончив использование входных SQLDA, необходимо явно освободить выделенную для них память, в отличие от SQLDA, получающих результаты запросов.

```
free(sqlda2);
```

35.7.2.4. Пример приложения, использующего SQLDA

Представленный здесь пример программы показывает, как выбрать из системных каталогов статистику доступа к базам данных, определённых входными параметрами.

Это приложение соединяет записи двух системных таблиц, pg_database и pg_stat_database по OID базы данных, и также выбирает и показывает статистику, принимая два входных параметра (база данных `postgres` и OID `1`).

Сначала создайте SQLDA для ввода параметров и SQLDA для вывода результатов.

```
EXEC SQL include sqlda.h;

sqlda_t *sqlda1; /* выходной дескриптор */
sqlda_t *sqlda2; /* входной дескриптор */
```

Затем подключитесь к базе данных, подготовьте оператор и объявите курсор для подготовленного оператора.

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char query[1024] = "SELECT d.oid,* FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE
 d.oid=s.datid AND ( d.datname=? OR d.oid=? )";
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;
```

Затем запишите некоторые значения параметров во входную SQLDA. Выделите память для входной SQLDA и установите количество параметров в `sqln`. Запишите тип, значение и длину значения в поля `sqltype`, `sqldata` и `sqllen` структуры `sqlvar`.

```
    /* Создать структуру SQLDA для входных параметров. */
    sqlda2 = (sqlda_t *) malloc(sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    memset(sqlda2, 0, sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    sqlda2->sqln = 2; /* число входных переменных */

    sqlda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
    sqlda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
    sqlda2->sqlvar[0].sqllen  = 8;

    intval = 1;
    sqlda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
    sqlda2->sqlvar[1].sqldata = (char *)&intval;
    sqlda2->sqlvar[1].sqllen  = sizeof(intval);
```

Подготовив входную SQLDA, откройте курсор с ней.

```
    /* Открыть курсор с входными параметрами. */
    EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqlda2;
```

Выберите строки из открытого курсора в выходную SQLDA. (Обычно, чтобы выбрать все строки в наборе результатов, нужно повторять `FETCH` в цикле.)

```
    while (1)
    {
        sqlda_t *cur_sqlda;
```

```
        /* Назначить дескриптор курсору */
        EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqlda1;
```

Затем прочитайте выбранные записи из SQLDA, следуя по связанному списку структуры `sqlda_t`.

```
    for (cur_sqlda = sqlda1 ;
         cur_sqlda != NULL ;
         cur_sqlda = cur_sqlda->desc_next)
    {
        ...
```

Прочитайте все столбцы первой записи. Количество столбцов хранится в поле `sqld`, а данные первого столбца в `sqlvar[0]`, оба эти поля — члены структуры `sqlda_t`.

```
        /* Вывести каждый столбец в строке. */
        for (i = 0; i < sqlda1->sqld; i++)
        {
            sqlvar_t v = sqlda1->sqlvar[i];
            char *sqldata = v.sqldata;
            short sqllen  = v.sqllen;

            strncpy(name_buf, v.sqlname.data, v.sqlname.length);
            name_buf[v.sqlname.length] = '\0';
```

Теперь данные столбцов сохранены в переменной `v`. Скопируйте все элементы данных в переменные среды, определив тип столбца по полю `v.sqltype`.

```
            switch (v.sqltype) {
                int intval;
                double doubleval;
                unsigned long long int longlongval;

                case ECPGt_char:
                    memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
                    memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf) <= sqllen ?
 sizeof(var_buf)-1 : sqllen));
                    break;

                case ECPGt_int: /* integer */
                    memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
                    snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
                    break;

                ...

                default:
                    ...
            }

            printf("%s = %s (type: %d)\n", name_buf, var_buf, v.sqltype);
        }
```

Закончив обработку всех записей, закройте курсор и отключитесь от базы данных.

```
    EXEC SQL CLOSE cur1;
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

Вся программа показана в Примере 35.1.

Пример 35.1. Пример программы на базе SQLDA

```
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

EXEC SQL include sqlda.h;

sqlda_t *sqlda1; /* дескриптор для выходных данных */
sqlda_t *sqlda2; /* дескриптор для входных данных */

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char query[1024] = "SELECT d.oid,* FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE
 d.oid=s.datid AND ( d.datname=? OR d.oid=? )";

    int intval;
    unsigned long long int longlongval;
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO uptimedb AS con1 USER uptime;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;

    /* Создать структуру SQLDA для входных параметров */
    sqlda2 = (sqlda_t *)malloc(sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    memset(sqlda2, 0, sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    sqlda2->sqln = 2; /* число входных переменных */

    sqlda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
    sqlda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
    sqlda2->sqlvar[0].sqllen  = 8;

    intval = 1;
    sqlda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
    sqlda2->sqlvar[1].sqldata = (char *) &intval;
    sqlda2->sqlvar[1].sqllen  = sizeof(intval);

    /* Открыть курсор с входными параметрами. */
    EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqlda2;

    while (1)
    {
        sqlda_t *cur_sqlda;

        /* Присвоить дескриптор курсору */
        EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqlda1;

        for (cur_sqlda = sqlda1 ;
```

```
             cur_sqlda != NULL ;
             cur_sqlda = cur_sqlda->desc_next)
        {
            int i;
            char name_buf[1024];
            char var_buf[1024];

            /* Напечатать каждый столбец в строке. */
            for (i=0 ; i<cur_sqlda->sqld ; i++)
            {
                sqlvar_t v = cur_sqlda->sqlvar[i];
                char *sqldata = v.sqldata;
                short sqllen  = v.sqllen;

                strncpy(name_buf, v.sqlname.data, v.sqlname.length);
                name_buf[v.sqlname.length] = '\0';

                switch (v.sqltype)
                {
                    case ECPGt_char:
                        memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
                        memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf)<=sqllen ?
sizeof(var_buf)-1 : sqllen) );
                        break;

                    case ECPGt_int: /* integer */
                        memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
                        snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
                        break;

                    case ECPGt_long_long: /* bigint */
                        memcpy(&longlongval, sqldata, sqllen);
                        snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%lld", longlongval);
                        break;

                    default:
                    {
                        int i;
                        memset(var_buf, 0, sizeof(var_buf));
                        for (i = 0; i < sqllen; i++)
                        {
                            char tmpbuf[16];
                            snprintf(tmpbuf, sizeof(tmpbuf), "%02x ", (unsigned char)
sqldata[i]);
                            strncat(var_buf, tmpbuf, sizeof(var_buf));
                        }
                    }
                        break;
                }

                printf("%s = %s (type: %d)\n", name_buf, var_buf, v.sqltype);
            }

            printf("\n");
        }
    }

    EXEC SQL CLOSE cur1;
```

```
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DISCONNECT ALL;

    return 0;
}
```

Вывод этой программы должен быть примерно таким (некоторые числа будут меняться).

```
oid = 1 (type: 1)
datname = template1 (type: 1)
datdba = 10 (type: 1)
encoding = 0 (type: 5)
datistemplate = t (type: 1)
datallowconn = t (type: 1)
datconnlimit = -1 (type: 5)
datlastsysoid = 11510 (type: 1)
datfrozenxid = 379 (type: 1)
dattablespace = 1663 (type: 1)
datconfig =  (type: 1)
datacl = {=c/uptime,uptime=CTc/uptime} (type: 1)
datid = 1 (type: 1)
datname = template1 (type: 1)
numbackends = 0 (type: 5)
xact_commit = 113606 (type: 9)
xact_rollback = 0 (type: 9)
blks_read = 130 (type: 9)
blks_hit = 7341714 (type: 9)
tup_returned = 38262679 (type: 9)
tup_fetched = 1836281 (type: 9)
tup_inserted = 0 (type: 9)
tup_updated = 0 (type: 9)
tup_deleted = 0 (type: 9)

oid = 11511 (type: 1)
datname = postgres (type: 1)
datdba = 10 (type: 1)
encoding = 0 (type: 5)
datistemplate = f (type: 1)
datallowconn = t (type: 1)
datconnlimit = -1 (type: 5)
datlastsysoid = 11510 (type: 1)
datfrozenxid = 379 (type: 1)
dattablespace = 1663 (type: 1)
datconfig =  (type: 1)
datacl =  (type: 1)
datid = 11511 (type: 1)
datname = postgres (type: 1)
numbackends = 0 (type: 5)
xact_commit = 221069 (type: 9)
xact_rollback = 18 (type: 9)
blks_read = 1176 (type: 9)
blks_hit = 13943750 (type: 9)
tup_returned = 77410091 (type: 9)
tup_fetched = 3253694 (type: 9)
tup_inserted = 0 (type: 9)
tup_updated = 0 (type: 9)
tup_deleted = 0 (type: 9)
```

35.8. Обработка ошибок

В этом разделе описывается, как можно обрабатывать исключительные условия и предупреждения в программе со встраиваемым SQL. Для этого предназначены два средства, которые могут дополнять друг друга.

- Можно настроить функции-обработчики для обработки предупреждений и ошибок, воспользовавшись командой `WHENEVER`.
- Подробную информацию об ошибке или предупреждении можно получить через переменную `sqlca`.

35.8.1. Установка обработчиков

Один простой метод перехвата ошибок и предупреждений заключается в назначении определённого действия, которое будет выполняться при некотором условии. В общем виде:

```
EXEC SQL WHENEVER условие действие;
```

Здесь *условие* может быть следующим:

`SQLERROR`

: Указанное действие вызывается, когда при выполнении SQL-оператора происходит ошибка.

`SQLWARNING`

: Указанное действие вызывается, когда при выполнении SQL-оператора выдаётся предупреждение.

`NOT FOUND`

: Указанное действие вызывается, когда SQL-оператор получает или обрабатывает ноль строк. (Это обстоятельство не считается ошибкой, но бывает полезно отследить его.)

действие может быть следующим:

`CONTINUE`

: Это фактически означает, что условие игнорируется. Это поведение по умолчанию.

`GOTO` *метка*
`GO TO` *метка*

: Перейти к указанной метке (используя оператор `goto` языка C).

`SQLPRINT`

: Вывести сообщение в устройство стандартного вывода. Это полезно для простых программ или при разработке прототипов. Содержание этого сообщения не настраивается.

`STOP`

: Вызвать `exit(1)`, что приведёт к завершению программы.

`DO BREAK`

: Выполнить оператор `break` языка C. Этот вариант следует использовать только в циклах или операторах `switch`.

`DO CONTINUE`

: Выполнить оператор `continue` языка C. Этот вариант следует использовать только в циклах. Данный оператор передаёт управление в начало цикла.

`CALL` *имя* (*аргументы*)
`DO` *имя* (*аргументы*)

: Вызвать указанные функции C с заданными аргументами. (Эти вызовы имеют смысловые отличия от `CALL` и `DO` в обычной грамматике PostgreSQL.)

В стандарте SQL описаны только действия `CONTINUE` и `GOTO` (и `GO TO`).

Ниже показан простой пример использования этих команд. Эта конструкция выводит простое сообщение при выдаче предупреждения и прерывает программу в случае ошибки:

```
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
```

Оператор `EXEC SQL WHENEVER` является директивой препроцессора SQL, а не оператором языка C. Устанавливаемое им действие при ошибках или предупреждениях применяется ко всем встраиваемым SQL-операторам ниже точки, где устанавливается обработчик, если только это действие не было изменено после первой команды `EXEC SQL WHENEVER`, и до SQL-оператора, вызвавшего это условие, вне зависимости от хода выполнения программы на C. Поэтому обе следующие программы на C не дадут желаемого эффекта:

```
/*
 * НЕПРАВИЛЬНО
 */
int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
    if (verbose) {
        EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
    }
    ...
    EXEC SQL SELECT ...;
    ...
}
```

```
/*
 * НЕПРАВИЛЬНО
 */
int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
    set_error_handler();
    ...
    EXEC SQL SELECT ...;
    ...
}

static void set_error_handler(void)
{
    EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
}
```

35.8.2. sqlca

Для более гибкой обработки ошибок в интерфейсе встраиваемого SQL представлена глобальная переменная с именем `sqlca` (SQL Communication Area, Область сведений SQL), имеющая следующую структуру:

```
struct
{
    char sqlcaid[8];
    long sqlabc;
    long sqlcode;
    struct
    {
        int sqlerrml;
        char sqlerrmc[SQLERRMC_LEN];
```

```
    } sqlerrm;
    char sqlerrp[8];
    long sqlerrd[6];
    char sqlwarn[8];
    char sqlstate[5];
} sqlca;
```

(В многопоточной программе каждый поток автоматически получает собственную копию `sqlca`. Это работает подобно стандартной в C глобальной переменной `errno`.)

Структура `sqlca` покрывает и предупреждения, и ошибки. Если в процессе выполнения оператора выдаётся несколько предупреждений или ошибок, `sqlca` будет содержать сведения только о последнем(ей) из них.

Если последний оператор SQL выполняется без ошибки, `sqlca.sqlcode` будет содержать 0, а `sqlca.sqlstate` — `"00000"`. Если выдаётся предупреждение или ошибка, в `sqlca.sqlcode` будет содержаться отрицательное число, а `sqlca.sqlstate` будет отличаться от `"00000"`. Положительное значение `sqlca.sqlcode` устанавливается при нейтральном событии, например, когда последний запрос возвращает ноль строк. Поля `sqlcode` и `sqlstate` представляют две различные схемы кодов ошибок; подробнее они описаны ниже.

Если последний SQL-оператор был успешным, в `sqlca.sqlerrd[1]` содержится OID обработанной строки (если это уместно), а в `sqlca.sqlerrd[2]` количество обработанных или возвращённых строк (если это уместно для команды).

В случае ошибки или предупреждения `sqlca.sqlerrm.sqlerrmc` будет содержать строку, описывающую ошибку. Поле `sqlca.sqlerrm.sqlerrml` содержит длину сообщения об ошибке, которое хранится в `sqlca.sqlerrm.sqlerrmc` (результат функции `strlen()`, который не очень интересен для программиста C). Заметьте, что некоторые сообщения могут не умещаться в массив `sqlerrmc` фиксированного размера; они будут обрезаться.

В случае предупреждения, в `sqlca.sqlwarn[2]` записывается символ `W`. (Во всех других случаях значение будет отличным от `W`.) Символ `W` в `sqlca.sqlwarn[1]` показывает, что значение было обрезано при сохранении в переменной среды C. `W` в `sqlca.sqlwarn[0]` устанавливается, если предупреждение отмечается в каком-либо другом элементе массива.

Поля `sqlcaid`, `sqlabc`, `sqlerrp` и остальные элементы `sqlerrd` и `sqlwarn` в настоящее время не содержат полезной информации.

Структура `sqlca` не определена в стандарте SQL, но реализована в нескольких других СУБД SQL. Принципиально она определяется одинаково, но если вы хотите, чтобы ваши приложения были переносимыми, тщательно изучите различия реализаций.

В следующем примере, демонстрирующем применение `WHENEVER` в сочетании с `sqlca`, выводится содержимое `sqlca` при возникновении ошибки. Это может быть полезно для отладки или в прототипах, пока не реализован более «дружественный пользователю» обработчик ошибок.

```
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CALL print_sqlca();

void
print_sqlca()
{
    fprintf(stderr, "==== sqlca ====\n");
    fprintf(stderr, "sqlcode: %ld\n", sqlca.sqlcode);
    fprintf(stderr, "sqlerrm.sqlerrml: %d\n", sqlca.sqlerrm.sqlerrml);
    fprintf(stderr, "sqlerrm.sqlerrmc: %s\n", sqlca.sqlerrm.sqlerrmc);
    fprintf(stderr, "sqlerrd: %ld %ld %ld %ld %ld %ld\n",
 sqlca.sqlerrd[0],sqlca.sqlerrd[1],sqlca.sqlerrd[2],

 sqlca.sqlerrd[3],sqlca.sqlerrd[4],sqlca.sqlerrd[5]);
```

```
    fprintf(stderr, "sqlwarn: %d %d %d %d %d %d %d %d\n", sqlca.sqlwarn[0],
 sqlca.sqlwarn[1], sqlca.sqlwarn[2],
                                                          sqlca.sqlwarn[3],
 sqlca.sqlwarn[4], sqlca.sqlwarn[5],
                                                          sqlca.sqlwarn[6],
 sqlca.sqlwarn[7]);
    fprintf(stderr, "sqlstate: %5s\n", sqlca.sqlstate);
    fprintf(stderr, "===============\n");
}
```

Результат может выглядеть следующим образом (при ошибке, вызванной опечаткой в имени таблицы):

```
==== sqlca ====
sqlcode: -400
sqlerrm.sqlerrml: 49
sqlerrm.sqlerrmc: relation "pg_databasep" does not exist on line 38
sqlerrd: 0 0 0 0 0 0
sqlwarn: 0 0 0 0 0 0 0 0
sqlstate: 42P01
===============
```

35.8.3. SQLSTATE и SQLCODE

Поля sqlca.sqlstate и sqlca.sqlcode отражают две различные схемы, представляющие коды ошибок. Обе схемы пришли из стандарта SQL, но схема SQLCODE была признана устаревшей в редакции SQL-92 и исключена в последующих редакциях. Поэтому в новых приложениях настоятельно рекомендуется использовать SQLSTATE.

SQLSTATE задаётся в массиве из пяти символов. Эти пять символов содержат цифры или буквы в верхнем регистре, представляющие коды различных условий ошибок и предупреждений. SQLSTATE определяется по иерархической схеме: первые два символа обозначают общий класс условия, а следующие три — подкласс общего условия. Успешное состояние обозначается кодом 00000. По большей части коды SQLSTATE определены в стандарте SQL. Сервер PostgreSQL поддерживает коды ошибок SQLSTATE естественным образом; поэтому используя во всех приложениях именно эту схему кодов ошибок, можно добиться высокой степени согласованности. За дальнейшими сведениями обратитесь к Приложению A.

SQLCODE — устаревшая схема, в которой коды ошибок представлены просто целыми числами. Значение 0 обозначает успешное завершение, положительное значение — успешное завершение с дополнительной информацией, а отрицательное говорит об ошибке. В стандарте SQL определено только положительное значение +100, показывающее, что последняя команда вернула или затронула ноль строк, но отрицательные значения не определены. Таким образом, с этой схемой нельзя рассчитывать на переносимость и она не имеет иерархической структуры. Исторически сложилось, что процессор встраиваемого SQL для PostgreSQL назначает некоторые определённые значения SQLCODE для собственного использования; они перечислены ниже с числовыми значениями и символьными именами. Помните, что эти коды несовместимы с другими реализациями SQL. Поэтому для упрощения перевода приложений на схему SQLSTATE вместе с этими кодами перечисляются соответствующие значения SQLSTATE. Однако однозначного соответствия один-к-одному или один-ко-многим между этими двумя схемами не существует (на самом деле это соответствие многие-ко-многим), поэтому следует свериться со списком SQLSTATE в Приложении A в каждом случае.

SQLCODE может принимать следующие значения:

0 (ECPG_NO_ERROR)

Показывает, что ошибки нет. (SQLSTATE 00000)

100 (ECPG_NOT_FOUND)

Это нейтральное условие, показывающее, что последняя команда вернула или обработала ноль строк, либо курсор достиг конца. (SQLSTATE 02000)

Выбирая данные из курсора в цикле, можно проверять этот код, чтобы понять, когда нужно прервать цикл, следующим образом:

```
while (1)
{
    EXEC SQL FETCH ... ;
    if (sqlca.sqlcode == ECPG_NOT_FOUND)
        break;
}
```

Но `WHENEVER NOT FOUND DO BREAK` внутри по сути делает это же, поэтому такое явное условие обычно ничем не лучше.

-12 (`ECPG_OUT_OF_MEMORY`)

Указывает, что закончилась виртуальная память. Числовое значение определено как `-ENOMEM`. (SQLSTATE YE001)

-200 (`ECPG_UNSUPPORTED`)

Указывает, что препроцессор сгенерировал код, который не понимает библиотека. Возможно, вы используете несовместимые версии препроцессора и библиотеки. (SQLSTATE YE002)

-201 (`ECPG_TOO_MANY_ARGUMENTS`)

Это означает, что в команде было указано больше переменных среды, чем она ожидает. (SQLSTATE 07001 или 07002)

-202 (`ECPG_TOO_FEW_ARGUMENTS`)

Это означает, что в команде было указано меньше переменных среды, чем она ожидает. (SQLSTATE 07001 или 07002)

-203 (`ECPG_TOO_MANY_MATCHES`)

Это означает, что запрос вернул несколько строк, но оператор был подготовлен только для одной строки результата (например, потому что переданные переменные — не массивы). (SQLSTATE 21000)

-204 (`ECPG_INT_FORMAT`)

Переменная среды C типа `int` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `int`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtol()`. (SQLSTATE 42804)

-205 (`ECPG_UINT_FORMAT`)

Переменная среды C типа `unsigned int` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `unsigned int`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtoul()`. (SQLSTATE 42804)

-206 (`ECPG_FLOAT_FORMAT`)

Переменная среды C типа `float` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать во `float`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtod()`. (SQLSTATE 42804)

-207 (`ECPG_NUMERIC_FORMAT`)

Переменная среды C типа `numeric` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `numeric`. (SQLSTATE 42804)

-208 (`ECPG_INTERVAL_FORMAT`)

Переменная среды C типа `interval` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `interval`. (SQLSTATE 42804)

-209 (ECPG_DATE_FORMAT)

Переменная среды C типа date и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в date. (SQLSTATE 42804)

-210 (ECPG_TIMESTAMP_FORMAT)

Переменная среды C типа timestamp и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в timestamp. (SQLSTATE 42804)

-211 (ECPG_CONVERT_BOOL)

Это означает, что переменная среды C имеет тип bool, а значение в базе данных отличается от 't' или 'f'. (SQLSTATE 42804)

-212 (ECPG_EMPTY)

Серверу PostgreSQL был передан пустой оператор. (Этого обычно не должно происходить в программе со встраиваемым SQL, так что это может указывать на внутреннюю ошибку.) (SQLSTATE YE002)

-213 (ECPG_MISSING_INDICATOR)

Возвращено значение NULL, но переменная-индикатор NULL не задана. (SQLSTATE 22002)

-214 (ECPG_NO_ARRAY)

Там, где требуется массив, была передана обычная переменная. (SQLSTATE 42804)

-215 (ECPG_DATA_NOT_ARRAY)

База данных возвратила обычную переменную там, где требуется значение-массив. (SQLSTATE 42804)

-216 (ECPG_ARRAY_INSERT)

Не удалось вставить значение в массив. (SQLSTATE 42804)

-220 (ECPG_NO_CONN)

Программа попыталась использовать несуществующее подключение. (SQLSTATE 08003)

-221 (ECPG_NOT_CONN)

Программа попыталась использовать подключение, которое существует, но не было открыто. (Это внутренняя ошибка.) (SQLSTATE YE002)

-230 (ECPG_INVALID_STMT)

Оператор, который вы пытаетесь выполнить, не был подготовлен. (SQLSTATE 26000)

-239 (ECPG_INFORMIX_DUPLICATE_KEY)

Ошибка повторяющегося ключа, нарушение ограничения уникальности (режим совместимости с Informix). (SQLSTATE 23505)

-240 (ECPG_UNKNOWN_DESCRIPTOR)

Указанный дескриптор не найден. Оператор, который вы пытаетесь использовать, не был подготовлен. (SQLSTATE 33000)

-241 (ECPG_INVALID_DESCRIPTOR_INDEX)

Указанный индекс дескриптора вне диапазона. (SQLSTATE 07009)

-242 (ECPG_UNKNOWN_DESCRIPTOR_ITEM)

Запрошен неверный элемент дескриптора. (Это внутренняя ошибка.) (SQLSTATE YE002)

-243 (`ECPG_VAR_NOT_NUMERIC`)

При выполнении динамического оператора база данных возвратила числовое значение, тогда как переменная среды C — не числовая. (SQLSTATE 07006)

-244 (`ECPG_VAR_NOT_CHAR`)

При выполнении динамического оператора база данных возвратила не числовое значение, тогда как переменная среды C — числовая. (SQLSTATE 07006)

-284 (`ECPG_INFORMIX_SUBSELECT_NOT_ONE`)

Результат подзапроса представлен не одной строкой (режим совместимости с Informix). (SQLSTATE 21000)

-400 (`ECPG_PGSQL`)

Ошибка произошла на стороне сервера PostgreSQL. В тексте ошибки содержится сообщение об ошибке от сервера PostgreSQL.

-401 (`ECPG_TRANS`)

Сервер PostgreSQL сообщает, что клиент не может запускать, фиксировать или отменять транзакцию. (SQLSTATE 08007)

-402 (`ECPG_CONNECT`)

Попытка подключения к базе данных была неудачной. (SQLSTATE 08001)

-403 (`ECPG_DUPLICATE_KEY`)

Ошибка повторяющегося ключа, нарушение ограничения уникальности. (SQLSTATE 23505)

-404 (`ECPG_SUBSELECT_NOT_ONE`)

Результат подзапроса представлен не одной строкой. (SQLSTATE 21000)

-602 (`ECPG_WARNING_UNKNOWN_PORTAL`)

Указано неверное имя курсора. (SQLSTATE 34000)

-603 (`ECPG_WARNING_IN_TRANSACTION`)

Транзакция в процессе выполнения. (SQLSTATE 25001)

-604 (`ECPG_WARNING_NO_TRANSACTION`)

Нет активной (выполняющейся) транзакции. (SQLSTATE 25P01)

-605 (`ECPG_WARNING_PORTAL_EXISTS`)

Было указано имя существующего курсора. (SQLSTATE 42P03)

35.9. Директивы препроцессора

Препроцессор `ecpg` поддерживает ряд директив, которые позволяют управлять разбором и обработкой исходных файлов.

35.9.1. Включение файлов

Для включения внешнего файла в программу со встраиваемым SQL, используется конструкция:

```
EXEC SQL INCLUDE имя_файла;
EXEC SQL INCLUDE <имя_файла>;
EXEC SQL INCLUDE "имя_файла";
```

Встретив такую директиву, препроцессор встраиваемого SQL будет искать файл *`имя_файла`*`.h`, обрабатывать его и включать в выходной код C. В результате встраиваемые SQL-операторы во включённом таким образом файле будут обработаны корректно.

Препроцессор `ecpg` будет искать указанный файл в нескольких каталогах в следующем порядке:

- текущий каталог
- `/usr/local/include`
- каталог включаемых файлов PostgreSQL, определённый во время сборки (например, `/usr/local/pgsql/include`)
- `/usr/include`

Но когда используется форма `EXEC SQL INCLUDE "`*`имя_файла`*`"`, просматривается только текущий каталог.

В каждом каталоге препроцессор будет сначала искать файл с заданным именем, а если не обнаружит его, попытается найти файл с добавленным расширением `.h` (если только заданное имя файла уже не содержит это расширение).

Заметьте, что команда `EXEC SQL INCLUDE` *не* равнозначна включению:

```
#include <имя_файла.h>
```

так как во втором случае включаемый файл не проходит через препроцессор SQL-команд. Естественно, директиву C `#include` можно по-прежнему применять для включения других заголовочных файлов.

> **Примечание**
>
> Имя включаемого файла чувствительно к регистру, несмотря на то, что остальная команда `EXEC SQL INCLUDE` подчиняется обычным правилам чувствительности к регистру SQL.

35.9.2. Директивы define и undef

Во встраиваемом SQL есть конструкция, подобная директиве `#define`, известной в C:

```
EXEC SQL DEFINE имя;
EXEC SQL DEFINE имя значение;
```

Используя её, можно определить имя:

```
EXEC SQL DEFINE HAVE_FEATURE;
```

И также можно определить константы:

```
EXEC SQL DEFINE MYNUMBER 12;
EXEC SQL DEFINE MYSTRING 'abc';
```

Удалить предыдущее определение позволяет команда `undef`:

```
EXEC SQL UNDEF MYNUMBER;
```

Разумеется, в программе со встраиваемым SQL можно продолжать использовать версии `#define` и `#undef` языка C. Отличие состоит в том, когда вычисляются определяемые значения. Когда применяется команда `EXEC SQL DEFINE`, вычислять определения и подставлять значения будет препроцессор `ecpg`. Например, если написать:

```
EXEC SQL DEFINE MYNUMBER 12;
...
EXEC SQL UPDATE Tbl SET col = MYNUMBER;
```

подстановку выполнит `ecpg` и компилятор C никогда не увидит имени или идентификатора `MYNUMBER`. Заметьте, что с другой стороны `#define` не подходит для определения константы, которую вы хотите использовать во встраиваемом SQL, так как препроцессор встраиваемого SQL не сможет увидеть это определение.

Если в командной строке препроцессора `ecpg` указано несколько входных файлов, `EXEC SQL DEFINE` и `EXEC SQL UNDEF` не влияют на них: каждый файл начинается только с символов, определённых ключами `-D` в командной строке.

35.9.3. Директивы ifdef, ifndef, elif, else и endif

Для условной компиляции блоков кода можно использовать следующие указания:

`EXEC SQL ifdef` *`имя`*`;`

Проверяет *`имя`* и обрабатывает последующие строки, если *`имя`* было определено командой `EXEC SQL define` *`имя`*.

`EXEC SQL ifndef` *`имя`*`;`

Проверяет *`имя`* и обрабатывает последующие строки, если *`имя`* *не* было определено командой `EXEC SQL define` *`имя`*.

`EXEC SQL elif` *`имя`*`;`

Начинает необязательный альтернативный блок после указания `EXEC SQL ifdef` *`имя`* или `EXEC SQL ifndef` *`имя`*. Количество блоков `elif` может быть любым. Строки, следующие за `elif`, будут обрабатываться, если *`имя`* определено *и* при этом не был обработан ни один из блоков той же конструкции `ifdef`/`ifndef`...`endif`.

`EXEC SQL else;`

Начинает необязательный заключительный блок после указания EXEC SQL ifdef *`имя`* или EXEC SQL ifndef *`имя`*. Последующие строки будут обрабатываться, если не был обработан ни один из блоков той же конструкции `ifdef`/`ifndef`...`endif`.

`EXEC SQL endif;`

Завершает конструкцию `ifdef`/`ifndef`...`endif`. Последующие строки обрабатываются обычным образом.

Конструкции `ifdef`/`ifndef`...`endif` могут быть вложенными, на глубину до 127 уровней.

Так будет скомпилирована только одна из трёх команд `SET TIMEZONE`:

```
EXEC SQL ifdef TZVAR;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZVAR;
EXEC SQL elif TZNAME;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZNAME;
EXEC SQL else;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO 'GMT';
EXEC SQL endif;
```

35.10. Компиляция программ со встраиваемым SQL

Теперь, когда вы получили представление, как писать программы на C со встраиваемым SQL, вы наверное хотите узнать, как их компилировать. Прежде чем компилировать код C, необходимо пропустить исходный файл через препроцессор встраиваемого SQL в C, который преобразует записанные вами операторы SQL в вызовы специальных функций. После компиляции полученный объектный код нужно скомпоновать со специальной библиотекой, содержащей необходимые функции. Эти функции получают информацию из аргументов, выполняют команды SQL через интерфейс libpq, и помещают результат в аргументы, заданные для вывода.

Программа препроцессора называется `ecpg` и входит в состав обычной инсталляции PostgreSQL. Программам со встраиваемым SQL, как правило, даются имена с расширением `.pgc`. Если вы создали код программы в файле `prog1.pgc`, вы можете обработать его, просто выполнив:

```
ecpg prog1.pgc
```

При этом будет создан файл `prog1.c`. Если имена входных файлов не следуют этому соглашению, имя выходного файла можно задать явно в аргументе `-o`.

Обработанный препроцессором файл можно скомпилировать обычным образом, например, так:

```
cc -c prog1.c
```

В сгенерированные исходные файлы C включаются заголовочные файлы из инсталляции PostgreSQL, поэтому если вы установили PostgreSQL так, что соответствующий каталог не просматривается по умолчанию, вам придётся добавить указание вида `-I/usr/local/pgsql/include` в командную строку компиляции.

Чтобы скомпоновать программу со встраиваемым SQL, необходимо подключить библиотеку `libecpg` примерно так:

```
cc -o myprog prog1.o prog2.o ... -lecpg
```

Возможно, и для этого понадобится добавить в командную строку указание вида `-L/usr/local/pgsql/lib`.

Чтобы узнать пути вашей инсталляции, можно воспользоваться командой `pg_config`или `pkg-config`(в качестве имени пакета нужно указать `libecpg`).

Если вы организуете процесс сборки большого проекта с применением make, может быть удобно включить в ваши сборочные файлы следующее неявное правило:

```
ECPG = ecpg

%.c: %.pgc
        $(ECPG) $<
```

Полный синтаксис вызова команды `ecpg` приведён в описании ecpg.

Библиотека ecpg по умолчанию потокобезопасна. Однако для компиляции клиентского кода могут потребоваться параметры командной строки для настройки многопоточности.

35.11. Библиотечные функции

Библиотека `libecpg` в основном содержит «скрытые» функции, применяемые для реализации функциональности, выражаемой встраиваемыми командами SQL. Но есть также некоторые функции, которые можно вызывать напрямую. Заметьте, что код, задействующий эти функции, будет непереносимым.

- `ECPGdebug(int` *`вкл`*`, FILE *`*`поток`*`)` с первым аргументом, отличным от нуля, включает вывод отладочных сообщений в заданный *поток*. Журнал сообщений, полученный таким образом, будет содержать все операторы SQL с заданными входными переменными и результаты, выданные сервером PostgreSQL. Это может быть очень полезно для поиска ошибок в командах SQL.

  > **Примечание**
  >
  > В Windows, если библиотека ecpg и приложение скомпилированы с разными флагами, эта функция может вызвать крах приложения из-за различий внутреннего представления указателей `FILE`. В частности, флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки должны быть одинаковыми для библиотеки и всех использующих её приложений.

- `ECPGget_PGconn(const char *`*`имя_подключения`*`)` возвращает указатель на подключение к базе данных, имеющее заданное имя. Если аргумент *имя_подключения* равен `NULL`, возвращается указатель на текущее подключение. Если определить подключение не удаётся, возвращается

NULL. Полученный указатель на подключение, если требуется, можно использовать при вызове любых других функций libpq.

> **Примечание**
>
> Манипулировать подключениями, открытыми средствами ecpg, напрямую через libpq не следует.

- `ECPGtransactionStatus(const char *имя_подключения)` возвращает состояние текущей транзакции для подключения, на которое указывает *имя_подключения*. О возвращаемых кодах состояния можно узнать в Раздел 33.2 и в описании входящей в libpq функции `PQtransactionStatus`.
- `ECPGstatus(int номер_строки, const char* имя_подключения)` возвращает true при наличии подключения к базе данных и false в противном случае. В аргументе *имя_подключения* можно передать NULL, если применяется одно подключение.

35.12. Большие объекты

ECPG не поддерживает большие объекты напрямую, но приложение на базе ECPG может работать с большими объектами, используя предназначенные для этого функции, получив необходимый объект `PGconn` в результате вызова `ECPGget_PGconn()`. (Однако использовать функцию `ECPGget_PGconn()` и напрямую воздействовать на объекты `PGconn` следует очень осторожно; в идеале стоит исключить при этом другие обращения к базе данных через ECPG.)

Подробнее функция `ECPGget_PGconn()` описана в Разделе 35.11. Интерфейс функций для работы с большими объектами рассмотрен в Главе 34.

Функции для работы с большими объектами должны вызываться в блоке транзакций, поэтому если режим автофиксации отключён, необходимо явно выдавать команды `BEGIN`.

В Примере 35.2 приведён пример программы, показывающий, как создать, записать и прочитать большой объект в приложении ECPG.

Пример 35.2. Программа на базе ECPG, работающая с большими объектами

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <libpq-fe.h>
#include <libpq/libpq-fs.h>

EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
    PGconn     *conn;
    Oid         loid;
    int         fd;
    char        buf[256];
    int         buflen = 256;
    char        buf2[256];
    int         rc;

    memset(buf, 1, buflen);

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
```

```
    conn = ECPGget_PGconn("con1");
    printf("conn = %p\n", conn);

    /* create */
    loid = lo_create(conn, 0);
    if (loid &lt; 0)
        printf("lo_create() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    printf("loid = %d\n", loid);

    /* write test */
    fd = lo_open(conn, loid, INV_READ|INV_WRITE);
    if (fd &lt; 0)
        printf("lo_open() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    printf("fd = %d\n", fd);

    rc = lo_write(conn, fd, buf, buflen);
    if (rc &lt; 0)
        printf("lo_write() failed\n");

    rc = lo_close(conn, fd);
    if (rc &lt; 0)
        printf("lo_close() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    /* read test */
    fd = lo_open(conn, loid, INV_READ);
    if (fd &lt; 0)
        printf("lo_open() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    printf("fd = %d\n", fd);

    rc = lo_read(conn, fd, buf2, buflen);
    if (rc &lt; 0)
        printf("lo_read() failed\n");

    rc = lo_close(conn, fd);
    if (rc &lt; 0)
        printf("lo_close() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    /* check */
    rc = memcmp(buf, buf2, buflen);
    printf("memcmp() = %d\n", rc);

    /* cleanup */
    rc = lo_unlink(conn, loid);
    if (rc &lt; 0)
        printf("lo_unlink() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

35.13. Приложения на C++

ECPG обеспечивает поддержку языка C++ в ограниченном объёме. Некоторые её особенности описаны в этом разделе.

Препроцессор ecpg принимает входной файл, написанный на C (или языке, подобном C) со встраиваемыми командами SQL, преобразует встроенные команды SQL в конструкции языка C и в результате формирует файл .c. Объявления библиотечных функций, вызываемых в конструкциях C, которые генерирует ecpg, заворачиваются в блоки extern "C" { ... } при использовании C++, так что они должны прозрачно работать в C++.

Однако вообще говоря, препроцессор ecpg понимает только C; он не воспринимает особый синтаксис и зарезервированные слова языка C++. Поэтому какой-то код SQL, встроенный в код приложения на C++, в котором используются сложные особенности C++, может корректно не обработаться препроцессором или не работать как ожидается.

Надёжный подход к применению внедрённого кода SQL в приложении на C++ заключается в том, чтобы скрыть вызовы ECPG в модуле C, который будет вызываться приложением на C++ для работы с базой данных и который будет скомпонован с остальным кодом C++. Подробнее это описано в Подразделе 35.13.2.

35.13.1. Область видимости переменных среды

Препроцессор ecpg имеет понимание области видимости переменных в C. С языком C это довольно просто, так как область видимости переменных определяется их блоками кода. В C++, однако, переменные-члены класса задействуются не в том блоке кода, в каком они объявлены, так что препроцессор ecpg не сможет корректно определить область видимости таких переменных.

Например, в следующем случае препроцессор ecpg не сможет найти определение переменной dbname в методе test, так что произойдёт ошибка.

```
class TestCpp
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

  public:
    TestCpp();
    void test();
    ~TestCpp();
};

TestCpp::TestCpp()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
}

void Test::test()
{
    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current_database = %s\n", dbname);
}

TestCpp::~TestCpp()
{
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
}
```

При обработке данного кода будет выдано сообщение:

```
ecpg test_cpp.pgc
test_cpp.pgc:28: ERROR: variable "dbname" is not declared
```

(test_cpp.pgc:28: ОШИБКА: переменная "dbname" не объявлена)

Для решения этой проблемы можно немного изменить метод `test` и задействовать в нём локальную переменную для промежуточного хранения. Но предложенный подход нельзя считать хорошим, так как это портит код и снижает производительность.

```
void TestCpp::test()
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char tmp[1024];
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :tmp;
    strlcpy(dbname, tmp, sizeof(tmp));

    printf("current_database = %s\n", dbname);
}
```

35.13.2. Разработка приложения на C++ с внешним модулем на C

Если вы поняли технические ограничения препроцессора `ecpg` с C++, вы можете прийти к заключению, что для использования ECPG в приложениях на C++ лучше связывать код C с кодом C++ на стадии компоновки, а не внедрять команды SQL непосредственно в код на C++. В данном разделе показывается, как отделить встраиваемые команды SQL от кода приложения на C++, на простом примере. В этом примере приложение реализуется на C++, а взаимодействие с сервером PostgreSQL построено на C и ECPG.

Для сборки нужно создать три типа файлов: файл на C (`*.pgc`), заголовочный файл и файл на C++:

`test_mod.pgc`

Модуль подпрограмм будет выполнять SQL-команды, встроенные в C. Этот код нужно будет преобразовать в `test_mod.c` с помощью препроцессора.

```
#include "test_mod.h"
#include <stdio.h>

void
db_connect()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL
 COMMIT;
}

void
db_test()
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current_database = %s\n", dbname);
}

void
db_disconnect()
{
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
}
```

`test_mod.h`

Заголовочный файл с объявлениями функций в модуле на языке C (`test_mod.pgc`). Он включается в `test_cpp.cpp`. Объявления в этом файле должны заключаться в блок `extern "C"`, так как он будет связываться с модулем C++.

```
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

void db_connect();
void db_test();
void db_disconnect();

#ifdef __cplusplus
}
#endif
```

`test_cpp.cpp`

Основной код приложения, содержащий функцию `main`, а также, в данном примере, класс C++.

```
#include "test_mod.h"

class TestCpp
{
  public:
    TestCpp();
    void test();
    ~TestCpp();
};

TestCpp::TestCpp()
{
    db_connect();
}

void
TestCpp::test()
{
    db_test();
}

TestCpp::~TestCpp()
{
    db_disconnect();
}

int
main(void)
{
    TestCpp *t = new TestCpp();

    t->test();
    return 0;
}
```

Для сборки приложения проделайте следующее. Преобразуйте `test_mod.pgc` в `test_mod.c` с помощью `ecpg`, а затем получите `test_mod.o`, скомпилировав `test_mod.c` компилятором C:

```
ecpg -o test_mod.c test_mod.pgc
```

```
cc -c test_mod.c -o test_mod.o
```

После этого получите `test_cpp.o`, скомпилировав `test_cpp.cpp` компилятором C++:

```
c++ -c test_cpp.cpp -o test_cpp.o
```

Наконец, свяжите полученные объектные файлы, `test_cpp.o` и `test_mod.o`, в один исполняемый файл, выполнив компоновку под управлением компилятора C++:

```
c++ test_cpp.o test_mod.o -lecpg -o test_cpp
```

35.14. Команды встраиваемого SQL

В этом разделе описаны все команды, предназначенные специально для встраиваемого SQL. В Справке: «Команды SQL» также описаны обычные команды SQL, которые можно использовать и как встраиваемые, если явно не отмечено обратное.

ALLOCATE DESCRIPTOR

ALLOCATE DESCRIPTOR — выделить область SQL-дескриптора

Синтаксис

```
ALLOCATE DESCRIPTOR имя
```

Описание

`ALLOCATE DESCRIPTOR` выделяет новую именованную область SQL-дескриптора, через которую можно обмениваться данными между сервером PostgreSQL и программой на C.

После использования области дескрипторов должны освобождаться командой `DEALLOCATE DESCRIPTOR`.

Параметры

имя

Имя SQL-дескриптора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

Примеры

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда `ALLOCATE DESCRIPTOR` описана в стандарте SQL.

См. также

DEALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

CONNECT

CONNECT — установить подключение к базе данных

Синтаксис

```
CONNECT TO цель_подключения [ AS имя_подключения ] [ USER пользователь_подключения ]
CONNECT TO DEFAULT
CONNECT пользователь_подключения
DATABASE цель_подключения
```

Описание

Команда `CONNECT` устанавливает подключение клиента к серверу PostgreSQL.

Параметры

цель_подключения

цель_соединения задаёт целевой сервер и базу для подключения в одной из нескольких форм.

[*имя_бд*] [`@`*сервер*] [`:`*порт*]

Подключение по TCP/IP

`unix:postgresql://`*сервер* [`:`*порт*] `/` [*имя_бд*] [`?`*параметр_подключения*]

Подключение через Unix-сокеты

`tcp:postgresql://`*сервер* [`:`*порт*] `/` [*имя_бд*] [`?`*параметр_подключения*]

Подключение по TCP/IP

Строковая константа SQL

содержащая значение в одной из показанных выше форм

переменная среды C

переменная среды C типа `char[]` или `VARCHAR[]`, содержащая значение в одной из показанных выше форм

имя_подключения

Необязательный идентификатор подключения, позволяющий обращаться к этому подключению в других командах. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

пользователь_подключения

Имя пользователя для подключения к базе данных.

В этом параметре также можно передать имя и пароль одним из следующих способов: *имя_пользователя*`/`*пароль*, *имя_пользователя* `IDENTIFIED BY` *пароль* или *имя_пользователя* `USING` *пароль*.

В качестве имени пользователя и пароля можно задать идентификаторы SQL, строковые константы или переменные среды.

`DEFAULT`

Использовать все параметры подключения по умолчанию, которые определены библиотекой libpq.

Примеры

Несколько вариантов указания параметров подключения:

```
EXEC SQL CONNECT TO "connectdb" AS main;
EXEC SQL CONNECT TO "connectdb" AS second;
EXEC SQL CONNECT TO "unix:postgresql://200.46.204.71/connectdb" AS main USER
 connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO "unix:postgresql://localhost/connectdb" AS main USER connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO 'connectdb' AS main;
EXEC SQL CONNECT TO 'unix:postgresql://localhost/connectdb' AS main USER :user;
EXEC SQL CONNECT TO :db AS :id;
EXEC SQL CONNECT TO :db USER connectuser USING :pw;
EXEC SQL CONNECT TO @localhost AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO REGRESSDB1 as main;
EXEC SQL CONNECT TO AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS :id;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS main USER connectuser/connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS main;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb@localhost AS main;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost/ USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser IDENTIFIED BY
 connectpw;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost:20/connectdb USER connectuser IDENTIFIED
 BY connectpw;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/ AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb AS main USER connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser IDENTIFIED
 BY "connectpw";
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser USING
 "connectpw";
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb?connect_timeout=14 USER
 connectuser;
```

Следующий пример программы демонстрирует применение переменных среды для определения параметров подключения:

```
int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char *dbname     = "testdb";    /* имя базы данных */
    char *user       = "testuser";  /* имя пользователя подключения */
    char *connection = "tcp:postgresql://localhost:5432/testdb";
                                    /* строка подключения */
    char ver[256];                  /* буфер для хранения строки версии */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    ECPGdebug(1, stderr);

    EXEC SQL CONNECT TO :dbname USER :user;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL SELECT version() INTO :ver;
    EXEC SQL DISCONNECT;

    printf("version: %s\n", ver);

    EXEC SQL CONNECT TO :connection USER :user;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL SELECT version() INTO :ver;
    EXEC SQL DISCONNECT;

    printf("version: %s\n", ver);
```

```
    return 0;
}
```

Совместимость

Команда CONNECT описана в стандарте SQL, но формат параметров подключения определяется реализацией.

См. также

DISCONNECT, SET CONNECTION

DEALLOCATE DESCRIPTOR

DEALLOCATE DESCRIPTOR — освободить область SQL-дескриптора

Синтаксис

```
DEALLOCATE DESCRIPTOR имя
```

Описание

`DEALLOCATE DESCRIPTOR` освобождает область именованного SQL-дескриптора.

Параметры

имя

Имя дескриптора, подлежащего освобождению, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

Примеры

```
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда `DEALLOCATE DESCRIPTOR` описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

DECLARE

DECLARE — определить курсор

Синтаксис

```
DECLARE имя_курсора [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ { WITH |
 WITHOUT } HOLD ] FOR подготовленный_оператор
DECLARE имя_курсора [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ { WITH |
 WITHOUT } HOLD ] FOR query
```

Описание

`DECLARE` объявляет курсор для прохода по набору результатов подготовленного оператора. Эта команда несколько отличается от обычной SQL-команды `DECLARE`: тогда как последняя выполняет запрос и подготавливает набор результатов для получения, встраиваемая SQL-команда просто объявляет имя в качестве «переменной цикла» для прохода по набору результатов запроса; фактически запрос выполнится, когда курсор будет открыт командой `OPEN`.

Параметры

имя_курсора

Имя курсора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

подготовленный_оператор

Имя подготовленного запроса, задаваемое SQL-идентификатором или переменной среды.

query

Команда SELECT или VALUES, выдающая строки, которые будут получены через курсор.

Параметры курсора рассматриваются в описании DECLARE.

Примеры

Примеры объявления курсора для запроса:

```
EXEC SQL DECLARE C CURSOR FOR SELECT * FROM My_Table;
EXEC SQL DECLARE C CURSOR FOR SELECT Item1 FROM T;
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT version();
```

Пример объявления курсора для подготовленного оператора:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 AS SELECT version();
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;
```

Совместимость

Команда `DECLARE` описана в стандарте SQL.

См. также

OPEN, CLOSE, DECLARE

DESCRIBE

DESCRIBE — получить информацию о подготовленном операторе или наборе результатов

Синтаксис

```
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор USING [ SQL ] DESCRIPTOR имя_дескриптора
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор INTO [ SQL ] DESCRIPTOR имя_дескриптора
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор INTO имя_sqlda
```

Описание

`DESCRIBE` получает метаданные о результирующих столбцах, содержащихся в подготовленном операторе, не считывая собственно строки результата.

Параметры

подготовленный_оператор

Имя подготовленного оператора. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

имя_дескриптора

Имя дескриптора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

имя_sqlda

Имя переменной SQLDA.

Примеры

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :sql_stmt;
EXEC SQL DESCRIBE stmt1 INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
EXEC SQL GET DESCRIPTOR mydesc VALUE 1 :charvar = NAME;
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда `DESCRIBE` описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR

DISCONNECT

DISCONNECT — закрыть подключение к базе данных

Синтаксис

```
DISCONNECT имя_подключения
DISCONNECT [ CURRENT ]
DISCONNECT ALL
```

Описание

`DISCONNECT` закрывает подключение (или все подключения) к базе данных.

Параметры

имя_подключения

Имя подключения к базе данных устанавливается командой `CONNECT`.

`CURRENT`

Закрывает «текущее» подключение, то есть подключение, открытое последним, либо установленное командой `SET CONNECTION`. Текущее подключение подразумевается по умолчанию, если `DISCONNECT` выполняется без аргументов.

`ALL`

Закрывает все открытые подключения.

Примеры

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con2 USER testuser;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con3 USER testuser;

    EXEC SQL DISCONNECT CURRENT;  /* закрывает con3          */
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;      /* закрывает con2 и con1 */

    return 0;
}
```

Совместимость

Команда `DISCONNECT` описана в стандарте SQL.

См. также

CONNECT, SET CONNECTION

EXECUTE IMMEDIATE

EXECUTE IMMEDIATE — динамически подготовить и выполнить оператор

Синтаксис

```
EXECUTE IMMEDIATE строка
```

Описание

`EXECUTE IMMEDIATE` немедленно подготавливает и выполняет динамически задаваемый SQL-оператор, не получая при этом строки результата.

Параметры

строка

Строковая константа C или переменная среды C, содержащая SQL-оператор, который нужно выполнить.

Примеры

Пример выполнения оператора `INSERT` с применением команды `EXECUTE IMMEDIATE` и переменной среды C `command`:

```
sprintf(command, "INSERT INTO test (name, amount, letter) VALUES ('db: ''r1''', 1,
 'f')");
EXEC SQL EXECUTE IMMEDIATE :command;
```

Совместимость

Команда `EXECUTE IMMEDIATE` описана в стандарте SQL.

GET DESCRIPTOR

GET DESCRIPTOR — получить информацию из области дескриптора SQL

Синтаксис

```
GET DESCRIPTOR имя_дескриптора :cvariable = элемент_заголовка_дескриптора [, ... ]
GET DESCRIPTOR имя_дескриптора VALUE номер_столбца :cvariable = элемент_дескриптора
 [, ... ]
```

Описание

`GET DESCRIPTOR` получает информацию о наборе результатов запроса из области дескриптора SQL и сохраняет её в переменные среды. Область дескриптора обычно предварительно заполняется командами `FETCH` или `SELECT`, чтобы из неё можно было перенести сопутствующую информацию в переменные среды.

Эта команда имеет две формы: первая форма выдаёт элементы из «заголовка» дескриптора, который относится ко всему набору результатов в целом. Например, это число строк. Другая форма, требующая указания в дополнительном параметре номера столбца, выдаёт информацию о конкретном столбце строки. В качестве примеров можно привести имя столбца и фактическое значение в этом столбце.

Параметры

имя_дескриптора

Имя дескриптора.

элемент_заголовка_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент заголовка нужно получить. В настоящее время поддерживается только `COUNT`, позволяющий получить число столбцов в наборе результатов.

номер_столбца

Номер столбца, информацию о котором нужно получить. Нумерация начинается с 1.

элемент_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент информации о столбце нужно получить. Список поддерживаемых элементов приведён в Подразделе 35.7.1.

cvariable

Переменная среды C, в которую будут сохранены данные, полученные из области дескриптора.

Примеры

Пример получения числа столбцов в наборе результатов:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d :d_count = COUNT;
```

Пример получения размера данных в первом столбце:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_returned_octet_length = RETURNED_OCTET_LENGTH;
```

Пример получения содержимого данных второго столбца в виде строки:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 2 :d_data = DATA;
```

Следующий пример демонстрирует всю процедуру выполнения `SELECT current_database();` и вывода числа столбцов, длины данных в столбце и содержимого столбца:

```
int
```

```
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int  d_count;
    char d_data[1024];
    int  d_returned_octet_length;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR d;

    /* Объявить, открыть курсор и присвоить ему дескриптор */
    EXEC SQL DECLARE cur CURSOR FOR SELECT current_database();
    EXEC SQL OPEN cur;
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur INTO SQL DESCRIPTOR d;

    /* Получить общее число столбцов */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d :d_count = COUNT;
    printf("d_count                 = %d\n", d_count);

    /* Получить размер возвращённого столбца */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_returned_octet_length = RETURNED_OCTET_LENGTH;
    printf("d_returned_octet_length = %d\n", d_returned_octet_length);

    /* Выбрать возвращённый столбец в виде текстовой строки */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_data = DATA;
    printf("d_data                  = %s\n", d_data);

    /* Закрытие */
    EXEC SQL CLOSE cur;
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;

    return 0;
}
```

При выполнении этого примера будет получен такой результат:

```
d_count                 = 1
d_returned_octet_length = 6
d_data                  = testdb
```

Совместимость

Команда `GET DESCRIPTOR` описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

OPEN

OPEN — открыть динамический курсор

Синтаксис

```
OPEN имя_курсора
OPEN имя_курсора USING значение [, ... ]
OPEN имя_курсора USING SQL DESCRIPTOR имя_дескриптора
```

Описание

`OPEN` открывает курсор и в дополнение может связывать фактические значения с местозаполнителями в объявлении курсора. Курсор должен быть предварительно объявлен командой `DECLARE`. Команда `OPEN` запускает выполнение запроса на сервере.

Параметры

имя_курсора

Имя открываемого курсора. Этот может быть идентификатор SQL или переменная среды.

значение

Значение, связываемое с местозаполнителем в курсоре. Это может быть константа SQL, переменная среды C или переменная среды с индикатором.

имя_дескриптора

Имя дескриптора, содержащего значения, которые должны быть связаны с местозаполнителями в курсоре. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды C.

Примеры

```
EXEC SQL OPEN a;
EXEC SQL OPEN d USING 1, 'test';
EXEC SQL OPEN c1 USING SQL DESCRIPTOR mydesc;
EXEC SQL OPEN :curname1;
```

Совместимость

Команда `OPEN` описана в стандарте SQL.

См. также

DECLARE, CLOSE

PREPARE

PREPARE — подготовить оператор к выполнению

Синтаксис

```
PREPARE имя FROM строка
```

Описание

Команда `PREPARE` подготавливает к выполнению динамический оператор, задаваемый в виде строки. Она отличается от обычного SQL-оператора PREPARE, который также можно использовать во встраиваемых командах. Для обоих типов подготовленных операторов применяется команда EXECUTE.

Параметры

подготовленный_оператор

Идентификатор для подготовленного запроса.

строка

Строковая константа C или переменная среды C, содержащая подготавливаемый оператор: SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE.

Примеры

```
char *stmt = "SELECT * FROM test1 WHERE a = ? AND b = ?";

EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR outdesc;
EXEC SQL PREPARE foo FROM :stmt;

EXEC SQL EXECUTE foo USING SQL DESCRIPTOR indesc INTO SQL DESCRIPTOR outdesc;
```

Совместимость

Команда `PREPARE` описана в стандарте SQL.

См. также

EXECUTE

SET AUTOCOMMIT

SET AUTOCOMMIT — установить режим автофиксации для текущего сеанса

Синтаксис

```
SET AUTOCOMMIT { = | TO } { ON | OFF }
```

Описание

`SET AUTOCOMMIT` устанавливает режим автофиксации для текущего сеанса использования базы данных. По умолчанию программы со встраиваемым SQL работают *не* в режиме автофиксации, так что в определённые моменты нужно явно выполнять `COMMIT`. Эта команда может переключить сеанс в режим автофиксации, когда неявно фиксируется каждый отдельный оператор.

Совместимость

`SET AUTOCOMMIT` — расширение PostgreSQL ECPG.

SET CONNECTION

SET CONNECTION — выбрать подключение к базе данных

Синтаксис

```
SET CONNECTION [ TO | = ] имя_подключения
```

Описание

`SET CONNECTION` устанавливает «текущее» подключение к базе данных, которое будет использоваться командами, не задающими подключение явно.

Параметры

имя_подключения

Имя подключения к базе данных устанавливается командой `CONNECT`.

`CURRENT`

Устанавливает заданное подключение текущим подключением (то есть ничего не происходит).

Примеры

```
EXEC SQL SET CONNECTION TO con2;
EXEC SQL SET CONNECTION = con1;
```

Совместимость

Команда `SET CONNECTION` описана в стандарте SQL.

См. также

CONNECT, DISCONNECT

SET DESCRIPTOR

SET DESCRIPTOR — внести информацию в область дескриптора SQL

Синтаксис

```
SET DESCRIPTOR имя_дескриптора элемент_заголовка_дескриптора = значение [, ... ]
SET DESCRIPTOR имя_дескриптора VALUE номер элемент_дескриптора = значение [, ...]
```

Описание

`SET DESCRIPTOR` заполняет область SQL-дескриптора значениями. Заполненная область дескриптора обычно применяется для привязывания параметров при выполнении подготовленного запроса.

Эта команда имеет две формы: первая применяется к «заголовку» дескриптора, который не зависит от конкретных данных. Вторая форма устанавливает значения для определённых полей по номерам.

Параметры

имя_дескриптора

Имя дескриптора.

элемент_заголовка_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент заголовка нужно задать. В настоящее время поддерживается только `COUNT`, позволяющий задать число элементов в дескрипторе.

номер

Номер элемента дескриптора, для которого задаётся значение. Нумерация начинается с 1.

элемент_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент нужно установить в дескрипторе. Список поддерживаемых элементов приведён в Подразделе 35.7.1.

значение

Значение, которое нужно поместить в элемент дескриптора. Это может быть константа SQL или переменная среды C.

Примеры

```
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc COUNT = 1;
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 1 DATA = 2;
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 1 DATA = :val1;
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 2 INDICATOR = :val1, DATA = 'some string';
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 2 INDICATOR = :val2null, DATA = :val2;
```

Совместимость

Команда `SET DESCRIPTOR` описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR

TYPE

TYPE — создать новый тип данных

Синтаксис

```
TYPE имя_типа IS тип_C
```

Описание

Команда `TYPE` определяет новый тип C. Она равнозначна добавлению `typedef` в секции объявлений.

Эта команда принимается, только когда `ecpg` запускается с параметром `-c`.

Параметры

имя_типа

Имя нового типа. Это имя должно быть допустимым для типа в языке C.

тип_C

Определение типа C.

Примеры

```
EXEC SQL TYPE customer IS
    struct
    {
        varchar name[50];
        int     phone;
    };

EXEC SQL TYPE cust_ind IS
    struct ind
    {
        short   name_ind;
        short   phone_ind;
    };

EXEC SQL TYPE c IS char reference;
EXEC SQL TYPE ind IS union { int integer; short smallint; };
EXEC SQL TYPE intarray IS int[AMOUNT];
EXEC SQL TYPE str IS varchar[BUFFERSIZ];
EXEC SQL TYPE string IS char[11];
```

Пример программы, в которой используется `EXEC SQL TYPE`:

```
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR SQLPRINT;

EXEC SQL TYPE tt IS
    struct
    {
        varchar v[256];
        int     i;
    };

EXEC SQL TYPE tt_ind IS
    struct ind {
        short   v_ind;
        short   i_ind;
    };
```

```
int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    tt t;
    tt_ind t_ind;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL SELECT current_database(), 256 INTO :t:t_ind LIMIT 1;

    printf("t.v = %s\n", t.v.arr);
    printf("t.i = %d\n", t.i);

    printf("t_ind.v_ind = %d\n", t_ind.v_ind);
    printf("t_ind.i_ind = %d\n", t_ind.i_ind);

    EXEC SQL DISCONNECT con1;

    return 0;
}
```

Эта программа выдаёт следующее:

```
t.v = testdb
t.i = 256
t_ind.v_ind = 0
t_ind.i_ind = 0
```

Совместимость

Команда `TYPE` — расширение PostgreSQL.

VAR

VAR — определить переменную

Синтаксис

```
VAR имя_переменной IS тип_C
```

Описание

Команда `VAR` назначает переменной среды C новый тип данных C. Эта переменная среды должна быть объявлена ранее в секции объявлений.

Параметры

имя_переменной

Имя переменной C.

тип_C

Определение типа C.

Примеры

```
Exec sql begin declare section;
short a;
exec sql end declare section;
EXEC SQL VAR a IS int;
```

Совместимость

Команда `VAR` — расширение PostgreSQL.

WHENEVER

WHENEVER — определить действие, которое должно выполняться, когда при обработке SQL-оператора возникает определённое условие

Синтаксис

```
WHENEVER { NOT FOUND | SQLERROR | SQLWARNING } действие
```

Описание

Устанавливает поведение в случае определённых условий (строки не найдены, выданы предупреждения или ошибки SQL и т. д.), возникающих в ходе выполнения SQL.

Параметры

Описание параметров приведено в Подразделе 35.8.1.

Примеры

```
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND CONTINUE;
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO CONTINUE;
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING DO warn();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR sqlprint;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CALL print2();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO handle_error("select");
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO sqlnotice(NULL, NONO);
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO sqlprint();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO error_label;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
```

Типичное применение конструкция `WHENEVER NOT FOUND BREAK` находит в обработке результатов запроса в цикле:

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DECLARE cur CURSOR FOR SELECT current_database(), 'hoge', 256;
    EXEC SQL OPEN cur;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur INTO SQL DESCRIPTOR d;
        ...
    }

    EXEC SQL CLOSE cur;
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

```
    return 0;
}
```

Совместимость

Команда WHENEVER описана в стандарте SQL, но большинство действий относятся к расширениям PostgreSQL.

35.15. Режим совместимости с Informix

Препроцессор ecpg может работать в так называемом *режиме совместимости с Informix*. Если этот режим включён, ecpg старается работать как предкомпилятор Informix для кода Informix E/SQL. Вообще говоря, это позволяет записывать встраиваемые команды SQL, используя знак доллара вместо слов EXEC SQL:

```
$int j = 3;
$CONNECT TO :dbname;
$CREATE TABLE test(i INT PRIMARY KEY, j INT);
$INSERT INTO test(i, j) VALUES (7, :j);
$COMMIT;
```

> **Примечание**
>
> Между $ и последующей директивой препроцессора (в частности, include, define, ifdef и т. п.) не должно быть пробельных символов. В противном случае препроцессор воспримет следующее слово как имя переменной среды.

Поддерживаются два режима совместимости: INFORMIX и INFORMIX_SE

При компоновке программ, использующих этот режим совместимости, обязательно подключите библиотеку libcompat, поставляемую с ECPG.

Помимо ранее упомянутого синтаксического сахара, режим совместимости с Informix приносит из E/SQL в ECPG набор функций для ввода, вывода и преобразования данных, а также встраиваемые операторы SQL.

Режим совместимости с Informix тесно связан с библиотекой pgtypeslib из ECPG. Библиотека pgtypeslib сопоставляет типы данных SQL с типами данных в ведущей программе на C, а большинство дополнительных функций режима совместимости с Informix позволяют работать с этими типами C. Заметьте, однако, что степень совместимости ограничена. ECPG не пытается копировать поведение Informix; вы можете выполнять примерно те же операции и пользоваться функции с теми же именами и с тем же поведением, но если вы используете Informix, просто заменить одно средство другим на данный момент нельзя. Более того, есть различия и в типах данных. В частности, типы даты и интервала в PostgreSQL не воспринимают диапазоны, как например, YEAR TO MINUTE, так что и в ECPG это не будет поддерживаться.

35.15.1. Дополнительные типы

Теперь в режиме Informix без указания typedef поддерживается специальный псевдотип Informix "string" для хранения символьной строки, обрезаемой справа. На самом деле, в режиме Informix ECPG откажется обрабатывать исходные файлы, содержащие определение типа typedef некоторый_тип string;

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
string userid; /* эта переменная будет содержать обрезанные данные */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL FETCH MYCUR INTO :userid;
```

35.15.2. Дополнительные/недостающие операторы встраиваемого SQL

`CLOSE DATABASE`

Этот оператор закрывает текущее подключение. Фактически это синоним команды `DISCONNECT CURRENT` в ECPG:

```
$CLOSE DATABASE;                /* закрыть текущее подключение */
EXEC SQL CLOSE DATABASE;
```

`FREE имя_курсора`

Из-за различий в подходах ECPG и ESQL/C Informix (т. е. другого разделения на чисто грамматические преобразования и вызовы нижележащей библиотеки времени выполнения), в ECPG нет оператора `FREE имя_курсора`. Это связано с тем, что в ECPG команда `DECLARE CURSOR` не сводится к вызову функции в библиотеке времени выполнения, которая бы принимала имя курсора. Это значит, что курсоры SQL в библиотеке ECPG не требуют обслуживания, оно требуется только на уровне сервера PostgreSQL.

`FREE имя_оператора`

Команда `FREE имя_оператора` является синонимом команды `DEALLOCATE PREPARE имя_оператора`.

35.15.3. Области дескрипторов SQLDA, совместимые с Informix

Режим совместимости с Informix поддерживает структуру, отличную от описанной в Подразделе 35.7.2. См. ниже:

```
struct sqlvar_compat
{
    short   sqltype;
    int     sqllen;
    char   *sqldata;
    short  *sqlind;
    char   *sqlname;
    char   *sqlformat;
    short   sqlitype;
    short   sqlilen;
    char   *sqlidata;
    int     sqlxid;
    char   *sqltypename;
    short   sqltypelen;
    short   sqlownerlen;
    short   sqlsourcetype;
    char   *sqlownername;
    int     sqlsourceid;
    char   *sqlilongdata;
    int     sqlflags;
    void   *sqlreserved;
};

struct sqlda_compat
{
    short  sqld;
    struct sqlvar_compat *sqlvar;
    char   desc_name[19];
    short  desc_occ;
    struct sqlda_compat *desc_next;
    void  *reserved;
```

```
};

typedef struct sqlvar_compat    sqlvar_t;
typedef struct sqlda_compat     sqlda_t;
```

Глобальные свойства:

`sqld`

Число полей в дескрипторе `SQLDA`.

`sqlvar`

Указатель на свойства по полям.

`desc_name`

Не используется, заполняется нулями.

`desc_occ`

Размер структуры в памяти.

`desc_next`

Указатель на следующую структуру SQLDA, если набор результатов содержит больше одной записи.

`reserved`

Неиспользуемый указатель, содержит NULL. Сохраняется для совместимости с Informix.

Свойства, относящиеся к полям, описаны ниже, они хранятся в массиве `sqlvar`:

`sqltype`

Тип поля. Соответствующие константы представлены в `sqltypes.h`

`sqllen`

Длина данных поля.

`sqldata`

Указатель на данные поля. Этот указатель имеет тип `char *`, но он указывает на данные в двоичном формате. Например:

```
int intval;

switch (sqldata->sqlvar[i].sqltype)
{
    case SQLINTEGER:
        intval = *(int *)sqldata->sqlvar[i].sqldata;
        break;
  ...
}
```

`sqlind`

Указатель на индикатор NULL. Если возвращается командами DESCRIBE или FETCH, это всегда действительный указатель. Если передаётся на вход команде `EXECUTE ... USING sqlda;`, NULL вместо указателя означает, что значение этого поля отлично от NULL. Чтобы обозначить NULL в поле, необходимо корректно установить этот указатель и `sqlitype`. Например:

```
if (*(int2 *)sqldata->sqlvar[i].sqlind != 0)
    printf("value is NULL\n");
```

`sqlname`

Имя поля, в виде строки с завершающим 0.

`sqlformat`

Зарезервировано в Informix, значение `PQfformat` для данного поля.

`sqlitype`

Тип данных индикатора NULL. При получении данных с сервера это всегда SQLSMINT. Когда `SQLDA` используется в параметризованном запросе, данные индикатора обрабатываются в соответствии с указанным здесь типом.

`sqlilen`

Длина данных индикатора NULL.

`sqlxid`

Расширенный тип поля, результат функции `PQftype`.

`sqltypename`
`sqltypelen`
`sqlownerlen`
`sqlsourcetype`
`sqlownername`
`sqlsourceid`
`sqlflags`
`sqlreserved`

Не используются.

`sqlilongdata`

Совпадает с `sqldata`, если `sqllen` превышает 32 Кбайта.

Например:

```
EXEC SQL INCLUDE sqlda.h;

    sqlda_t        *sqlda; /* Это объявление не обязательно должно быть внутри DECLARE
 SECTION */

    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char *prep_stmt = "select * from table1";
    int i;
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    ...

    EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :prep_stmt;

    EXEC SQL DESCRIBE mystmt INTO sqlda;

    printf("# of fields: %d\n", sqlda->sqld);
    for (i = 0; i < sqlda->sqld; i++)
      printf("field %d: \"%s\"\n", sqlda->sqlvar[i]->sqlname);

    EXEC SQL DECLARE mycursor CURSOR FOR mystmt;
    EXEC SQL OPEN mycursor;
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND GOTO out;
```

```
while (1)
{
  EXEC SQL FETCH mycursor USING sqlda;
}

EXEC SQL CLOSE mycursor;

free(sqlda); /* Освобождать нужно только основную структуру,
              * sqlda и sqlda->sqlvar находятся в одной выделенной области. */
```

Дополнительную информацию можно найти в заголовочном файле `sqlda.h` и в регрессионном тесте `src/interfaces/ecpg/test/compat_informix/sqlda.pgc`.

35.15.4. Дополнительные функции

`decadd`

Складывает два значения типа decimal.

```
int decadd(decimal *arg1, decimal *arg2, decimal *sum);
```

Эта функция получает указатель на первый операнд типа decimal (`arg1`), указатель на второй операнд типа decimal (`arg2`) и указатель на переменную типа decimal, в которую будет записана сумма (`sum`). В случае успеха эта функция возвращает 0. `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` возвращается в случае переполнения, а `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW` в случае антипереполнения. При любых других ошибках возвращается -1, а в `errno` устанавливается код `errno` из pgtypeslib.

`deccmp`

Сравнивает два значения типа decimal.

```
int deccmp(decimal *arg1, decimal *arg2);
```

Эта функция получает указатель на первое значение типа decimal (`arg1`), указатель на второе значение типа decimal (`arg2`) и возвращает целое, отражающее результат сравнения этих чисел.

- 1, если значение, на которое указывает `arg1`, больше значения, на которое указывает `var2`
- -1, если значение, на которое указывает `arg1`, меньше значения, на которое указывает `arg2`
- 0, если значение, на которое указывает `arg1`, равно значению, на которое указывает `arg2`

`deccopy`

Копирует значение типа decimal.

```
void deccopy(decimal *src, decimal *target);
```

Функция принимает в первом аргументе (`src`) указатель на значение decimal, которое должно быть скопировано, а во втором аргументе (`target`) принимает указатель на структуру типа decimal для скопированного значения.

`deccvasc`

Преобразует значение из представления ASCII в тип decimal.

```
int deccvasc(char *cp, int len, decimal *np);
```

Эта функция получает указатель на строку, содержащую строковое представление числа, которое нужно преобразовать, (`cp`), а также его длину `len`. В `np` передаётся указатель на переменную типа decimal, в которую будет помещён результат преобразования.

Допустимыми являются, например следующие форматы: `-2`, `.794`, `+3.44`, `592.49E07` или `-32.84e-4`.

В случае успеха эта функция возвращает 0. При переполнении или антипереполнении возвращается `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно. Если разобрать ASCII-представление не удаётся, возвращается `ECPG_INFORMIX_BAD_NUMERIC` или `ECPG_INFORMIX_BAD_EXPONENT`, если не удаётся разобрать компонент экспоненты.

`deccvdbl`

Преобразует значение double в значение типа decimal.

```
int deccvdbl(double dbl, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`dbl`) переменную типа double, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную decimal, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`deccvint`

Преобразует значение int в значение типа decimal.

```
int deccvint(int in, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`in`) переменную типа int, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную decimal, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`deccvlong`

Преобразует значение long в значение типа decimal.

```
int deccvlong(long lng, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`lng`) переменную типа long, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную decimal, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`decdiv`

Делит одну переменную типа decimal на другую.

```
int decdiv(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (`n1` и `n2`) и вычисляет частное `n1`/`n2`. В `result` передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно. При попытке деления на ноль возвращается `ECPG_INFORMIX_DIVIDE_ZERO`.

`decmul`

Перемножает два значения типа decimal.

```
int decmul(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (`n1` и `n2`) и вычисляет произведение `n1`*`n2`. В `result` передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно.

`decsub`

Вычитает одно значение типа decimal из другого.

```
int decsub(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (`n1` и `n2`) и вычисляет разность `n1`-`n2`. В `result` передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно.

`dectoasc`

Преобразует переменную типа decimal в представление ASCII (в строку C char*).

```
int dectoasc(decimal *np, char *cp, int len, int right)
```

Эта функция получает указатель на переменную типа decimal (`np`), которая будет преобразована в текстовое представление. Аргумент `cp` указывает на буфер, в который будет помещён результат операции. Аргумент `right` определяет, сколько должно выводиться цифр правее десятичной точки. Результат будет округлён до этого числа десятичных цифр. Значение `right`, равное -1, указывает, что выводиться должны все имеющиеся десятичные цифры. Если длина выходного буфера, которую задаёт `len`, недостаточна для помещения в него текстового представления, включая завершающий нулевой байт, в буфере сохраняется один знак `*` и возвращается -1.

Эта функция возвращает -1, если буфер `cp` слишком мал, либо `ECPG_INFORMIX_OUT_OF_MEMORY` при нехватке памяти.

`dectodbl`

Преобразует переменную типа decimal в тип double.

```
int dectodbl(decimal *np, double *dblp);
```

Эта функция получает указатель (`np`) на значение decimal, которое нужно преобразовать, и указатель (`dblp`) на переменную double, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`dectoint`

Преобразует переменную типа decimal в тип integer.

```
int dectoint(decimal *np, int *ip);
```

Эта функция получает указатель (`np`) на значение decimal, которое нужно преобразовать, и указатель (`ip`) на целочисленную переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось. В случае переполнения возвращается `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW`.

Заметьте, что реализация ECPG отличается от реализации Informix. В Informix целое ограничивается диапазоном -32767 .. 32767, тогда как в ECPG ограничение зависит от архитектуры (`INT_MIN .. INT_MAX`).

`dectolong`

Преобразует переменную типа decimal в тип long.

```
int dectolong(decimal *np, long *lngp);
```

Эта функция получает указатель (`np`) на значение decimal, которое нужно преобразовать, и указатель (`lngp`) на переменную типа long, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось. В случае переполнения возвращается `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW`.

Заметьте, что реализация ECPG отличается от реализации Informix. В Informix длинное целое ограничено диапазоном -2 147 483 647 .. 2 147 483 647, тогда как в ECPG ограничение зависит от архитектуры (`-LONG_MAX .. LONG_MAX`).

`rdatestr`

Преобразует дату в строку C char*.

```
int rdatestr(date d, char *str);
```

Эта функция принимает два аргумента. В первом (`d`) передаётся дата, которую нужно преобразовать, а во втором указатель на целевую строку. Результат всегда выводится в формате `yyyy-mm-dd`, так что для этой строки нужно выделить минимум 11 байт (включая завершающий нулевой байт).

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Заметьте, что реализация ECPG отличается от реализации Informix. В Informix формат вывода можно изменить переменными окружения, а в ECPG он фиксирован.

`rstrdate`

Разбирает текстовое представление даты.

```
int rstrdate(char *str, date *d);
```

Эта функция получает текстовое представление (`str`) даты, которую нужно преобразовать, и указатель на переменную типа date (`d`). Для данной функции нельзя задать маску формата. Она использует стандартную маску формата Informix, а именно: `mm/dd/yyyy`. Внутри эта функция вызывает `rdefmtdate`. Таким образом, `rstrdate` не будет быстрее, и если у вас есть выбор, используйте функцию `rdefmtdate`, которая позволяет явно задать маску формата.

Эта функция возвращает те же значения, что и `rdefmtdate`.

`rtoday`

Выдаёт текущую дату.

```
void rtoday(date *d);
```

Эта функция получает указатель на переменную (`d`) типа date, в которую будет записана текущая дата.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_today`.

`rjulmdy`

Извлекает значения дня, месяца и года из переменной типа date.

```
int rjulmdy(date d, short mdy[3]);
```

Эта функция получает дату `d` и указатель на 3 коротких целочисленных значения `mdy`. Имя переменной указывает на порядок значений: в `mdy[0]` записывается номер месяца, в `mdy[1]` — номер дня, а в `mdy[2]` — год.

В текущем состоянии эта функция всегда возвращает 0.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_julmdy`.

`rdefmtdate`

Преобразует символьную строку в значение типа date по маске формата.

```
int rdefmtdate(date *d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает указатель на переменную типа date (`d`), в которую будет помещён результат операции, маску формата для разбора даты (`fmt`) и строку C char*, содержащую текстовое представление даты (`str`). Ожидается, что текстовое представление будет соответствовать маске формата. Однако это соответствие не обязательно должно быть точным. Данная функция анализирует только порядок элементов и ищет в нём подстроки `yy` или `yyyy`, обозначающие позицию года, подстроку `mm`, обозначающую позицию месяца, и `dd`, обозначающую позицию дня.

Эта функция возвращает следующие значения:

- 0 — Функция выполнена успешно.
- `ECPG_INFORMIX_ENOSHORTDATE` — Дата не содержит разделителей между днём, месяцем и годом. С таким форматом входная строка должна быть длиной ровно 6 или 8 байт, но это не так.
- `ECPG_INFORMIX_ENOTDMY` — Строка формата не определяет корректно последовательный порядок года, месяца и дня.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_DAY` — Во входной строке отсутствует корректное указание дня.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_MONTH` — Во входной строке отсутствует корректное указание месяца.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_YEAR` — Во входной строке отсутствует корректное указание года.

В реализации этой функции вызывается `PGTYPESdate_defmt_asc`. Примеры вводимых строк приведены в таблице в её описании.

`rfmtdate`

Преобразует переменную типа date в текстовое представление по маске формата.

```
int rfmtdate(date d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает дату для преобразования (`d`), маску формата (`fmt`) и строку, в которую будет помещено текстовое представление даты (`str`).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_fmt_asc`, примеры форматов можно найти в её описании.

`rmdyjul`

Образует значение даты из массива 3 коротких целых, задающих день, месяц и год даты.

```
int rmdyjul(short mdy[3], date *d);
```

Эта функция получает в первом аргументе массив из 3 коротких целых (`mdy`), а во втором указатель на переменную типа date, в которую будет помещён результат операции.

В настоящее время эта функция всегда возвращает 0.

В реализации этой функции вызывается `PGTYPESdate_mdyjul`.

`rdayofweek`

Возвращает число, представляющее день недели для заданной даты.

```
int rdayofweek(date d);
```

Эта функция принимает в единственном аргументе переменную `d` типа date и возвращает целое число, выражающее день недели для этой даты.

- 0 — Воскресенье
- 1 — Понедельник
- 2 — Вторник
- 3 — Среда
- 4 — Четверг
- 5 — Пятница
- 6 — Суббота

В реализации этой функции вызывается PGTYPESdate_dayofweek.

`dtcurrent`

Получает текущее время.

```
void dtcurrent(timestamp *ts);
```

Эта функция получает текущее время и сохраняет его в переменной типа timestamp, на которую указывает `ts`.

`dtcvasc`

Разбирает время из текстового представления в переменную типа timestamp.

```
int dtcvasc(char *str, timestamp *ts);
```

Эта функция получает строку (`str`), которую нужно разобрать, и указатель на переменную типа timestamp, в которую будет помещён результат операции (`ts`).

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция вызывает PGTYPEStimestamp_from_asc. Примеры вводимых строк приведены в таблице в её описании.

`dtcvfmtasc`

Разбирает время из текстового представления в переменную типа timestamp по маске формата.

```
dtcvfmtasc(char *inbuf, char *fmtstr, timestamp *dtvalue)
```

Эта функция получает строку (`inbuf`), которую нужно разобрать, маску формата (`fmtstr`) и указатель на переменную timestamp, в которой будет содержаться результат операции (`dtvalue`).

В реализации этой функции используется PGTYPEStimestamp_defmt_asc. Список допустимых кодов формата приведён в её описании.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dtsub`

Вычитает одно значение времени из другого и возвращает переменную типа interval.

```
int dtsub(timestamp *ts1, timestamp *ts2, interval *iv);
```

Эта функция вычитает значение timestamp, на которое указывает `ts2`, из значения timestamp, на которое указывает `ts1`, и сохраняет результат в переменной типа interval, на которую указывает `iv`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dttoasc`

Преобразует переменную типа timestamp в строку C char*.

```
int dttoasc(timestamp *ts, char *output);
```

Эта функция получает указатель (`ts`) на переменную типа timestamp, которую нужно преобразовать, и строку (`output`) для сохранения результата операции. Она преобразует `ts` в текстовое представление согласно стандарту SQL, то есть по маске `YYYY-MM-DD HH:MM:SS`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dttofmtasc`

Преобразует переменную типа timestamp в строку C char* по маске формата.

```
int dttofmtasc(timestamp *ts, char *output, int str_len, char *fmtstr);
```

Эта функция получает в первом аргументе (`ts`) указатель на переменную типа timestamp, а в последующих указатель на буфер вывода (`output`), максимальную длину строки, которую может принять буфер (`str_len`), и маску формата, с которой будет выполняться преобразование (`fmtstr`).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция использует `PGTYPEStimestamp_fmt_asc`. Примеры допустимых масок формата можно найти в её описании.

`intoasc`

Преобразует переменную типа interval в строку C char*.

```
int intoasc(interval *i, char *str);
```

Эта функция получает указатель (`i`) на переменную типа interval, которую нужно преобразовать, и строку (`str`) для сохранения результата операции. Она преобразует `i` в текстовое представление согласно стандарту SQL, то есть по маске `YYYY-MM-DD HH:MM:SS`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`rfmtlong`

Преобразует длинное целое в текстовое представление по маске формата.

```
int rfmtlong(long lng_val, char *fmt, char *outbuf);
```

Эта функция принимает значение типа long (`lng_val`), маску формата (`fmt`) и указатель на выходной буфер (`outbuf`). Она преобразует длинное целое в его текстовое представление согласно заданной маске формата.

Маску формата можно составить из следующих символов, определяющих формат:

- `*` (звёздочка) — если в данной позиции будет пусто, заполнить её звёздочкой.
- `&` (амперсанд) — если в данной позиции будет пусто, заполнить её нулём.
- `#` — заменить ведущие нули пробелами.
- `<` — выровнять число в строке по левой стороне.
- `,` (запятая) — сгруппировать числа, содержащие четыре и более цифр, в группы по три цифры через запятую.
- `.` (точка) — этот символ отделяет целую часть числа от дробной.
- `-` (минус) — с отрицательным числом должен выводиться знак минус.
- `+` (плюс) — с положительным числом должен выводиться знак плюс.
- `(` — это символ заменяет знак минус перед отрицательным числом. Сам знак минус выводиться не будет.
- `)` — этот символ заменяет минус и выводится после отрицательного числа.
- `$` — символ денежной суммы.

`rupshift`

Приводит строку к верхнему регистру.

```
void rupshift(char *str);
```

Эта функция получает указатель на строку и приводит в ней каждый символ в нижнем регистре к верхнему регистру.

`byleng`

Возвращает число символов в строке, не считая завершающих пробелов.

```
int byleng(char *str, int len);
```

Эта функция принимает в первом аргументе (`str`) строку фиксированной длины, а во втором (`len`) её длину. Она возвращает число значимых символов, то есть длину строки без завершающих пробелов.

`ldchar`

Копирует строку фиксированной длины в строку с завершающим нулём.

```
void ldchar(char *src, int len, char *dest);
```

Эта функция принимает строку фиксированной длины (`src`), которую нужно скопировать, её длину (`len`) и указатель на целевой буфер в памяти (`dest`). Учтите, что для буфера, на который указывает `dest`, необходимо выделить как минимум `len+1` байт. Данная функция копирует в новую область не больше `len` байт (меньше, если в исходной строке есть завершающие пробелы) и добавляет завершающий 0.

`rgetmsg`

```
int rgetmsg(int msgnum, char *s, int maxsize);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

`rtypalign`

```
int rtypalign(int offset, int type);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

`rtypmsize`

```
int rtypmsize(int type, int len);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

`rtypwidth`

```
int rtypwidth(int sqltype, int sqllen);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

`rsetnull`

Присваивает переменной NULL.

```
int rsetnull(int t, char *ptr);
```

Эта функция получает целое, определяющее тип переменной, и указатель на саму переменную, приведённый к указателю C char*.

Определены следующие типы:

- `CCHARTYPE` — для переменной типа `char` или `char*`
- `CSHORTTYPE` — для переменной типа `short int`
- `CINTTYPE` — для переменной типа `int`

- `CBOOLTYPE` — для переменной типа `boolean`
- `CFLOATTYPE` — для переменной типа `float`
- `CLONGTYPE` — для переменной типа `long`
- `CDOUBLETYPE` — для переменной типа `double`
- `CDECIMALTYPE` — для переменной типа `decimal`
- `CDATETYPE` — для переменной типа `date`
- `CDTIMETYPE` — для переменной типа `timestamp`

Примеры вызова этой функции:

```
$char c[] = "abc       ";
$short s = 17;
$int i = -74874;

rsetnull(CCHARTYPE, (char *) c);
rsetnull(CSHORTTYPE, (char *) &s);
rsetnull(CINTTYPE, (char *) &i);
```

`risnull`

Проверяет содержимое переменной на NULL.

```
int risnull(int t, char *ptr);
```

Эта функция получает тип проверяемой переменной (`t`), а также указатель на неё (`ptr`). Заметьте, что этот указатель нужно привести к char*. Список возможных типов переменных приведён в описании функции `rsetnull`.

Примеры использования этой функции:

```
$char c[] = "abc       ";
$short s = 17;
$int i = -74874;

risnull(CCHARTYPE, (char *) c);
risnull(CSHORTTYPE, (char *) &s);
risnull(CINTTYPE, (char *) &i);
```

35.15.5. Дополнительные константы

Заметьте, что все эти константы относятся к ошибкам и все они представлены отрицательными значениями. Из описаний различных констант вы также можете узнать, какими именно числами они представлены в текущей реализации. Однако полагаться на эти числа не следует. Тем не менее вы можете рассчитывать на то, что все эти значения будут отрицательными.

`ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW`

Функции возвращают это значение, если при вычислении происходит переполнение. Внутри оно представляется числом -1200 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`

Функции возвращают это значение, если при вычислении происходит антипереполнение. Внутри оно представляется числом -1201 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_DIVIDE_ZERO`

Функции возвращают это значение при попытке деления на ноль. Внутри оно представляется числом -1202 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_YEAR`

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание года. Внутри оно представляется числом -1204 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_MONTH`

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание месяца. Внутри оно представляется числом -1205 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_DAY`

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание дня. Внутри оно представляется числом -1206 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_ENOSHORTDATE`

Функции возвращают это значение, если процедуре разбора даты требуется короткая запись даты, но строка даты имеет неподходящую длину. Внутри оно представляется числом -1209 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_DATE_CONVERT`

Функции возвращают это значение, если при форматировании даты происходит ошибка. Внутри оно представляется числом -1210 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_OUT_OF_MEMORY`

Функции возвращают это значение, если им не хватает памяти для выполнения операций. Внутри оно представляется числом -1211 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_ENOTDMY`

Функции возвращают это значение, если процедура разбора должна была получить маску формата (например, `mmddyy`), но не все поля были записаны правильно. Внутри оно представляется числом -1212 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_NUMERIC`

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может получить числовое значение из текстового представления, потому что оно некорректно, либо если процедура вычисления не может произвести операцию с числовыми переменными из-за недопустимого значения минимум одной из этих переменных. Внутри оно представляется числом -1213 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_EXPONENT`

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может воспринять экспоненту в числе. Внутри оно представляется числом -1216 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_BAD_DATE`

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может разобрать дату. Внутри оно представляется числом -1218 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_EXTRA_CHARS`

Функции возвращают это значение, если процедуре разбора передаются посторонние символы, которая она не может разобрать. Внутри оно представляется числом -1264 (определение Informix).

35.16. Режим совместимости с Oracle

Препроцессор `ecpg` может работать в так называемом *режиме совместимости с Oracle*. Если этот режим включён, `ecpg` старается работать как Pro*C в Oracle.

В этом режиме изменяются три аспекта работы `ecpg`:

- Массивы символов, принимающие строки символов, дополняются завершающими пробелами до указанной длины.
- Завершаются эти массивы нулевым байтом, а если происходит усечение строки, устанавливается индикатор.
- Когда в массив символов поступает пустая строка, индикатор NULL принимает значение `-1`.

35.17. Внутреннее устройство

В этом разделе рассказывается, как препроцессор ECPG устроен внутри. Эта информация может оказаться полезной для пользователей, желающих понять, как использовать ECPG.

Первые четыре строки, которые `ecpg` записывает в вывод, фиксированы. Первые две строки содержат комментарии, а следующие две директивы включения, подключающие интерфейс к библиотеке. Затем препроцессор прочитывает файл и продолжает запись в вывод. Обычно он просто печатает всё в устройство вывода.

Встречая команду `EXEC SQL`, он вмешивается и изменяет её. Данная команда начинается со слов `EXEC SQL` и заканчивается знаком `;`. Всё между ними воспринимается как оператор SQL и разбирается для подстановки переменных.

Подстановка переменных имеет место, когда символ начинается с двоеточия (`:`). ECPG будет искать переменную с таким именем среди переменных, ранее объявленных в секции `EXEC SQL DECLARE`.

Самая важная функция в библиотеке — `ECPGdo`, которая осуществляет выполнение большинства команд. Она принимает переменное число аргументов (это число легко может достигать 50, и мы надеемся, что это не приведёт к проблемам ни на какой платформе).

Ей передаются следующие аргументы:

Номер строки

: Номер исходной строки; используется только в сообщениях об ошибках.

Строка

: Команда SQL, которая должна быть выполнена. На её содержимое влияют входные переменные, то есть переменные, добавленные в команду, но неизвестные во время компиляции. Места, в которые должны вставляться переменные, обозначаются знаками `?`.

Входные переменные

: Для каждой входной переменной формируются десять аргументов. (См. ниже.)

`ECPGt_EOIT`

: Перечисление (`enum`), показывающее, что больше входных переменных нет.

Выходные переменные

: Для каждой входной переменной формируются десять аргументов. (См. ниже.) Эти переменные заполняются данной функцией.

`ECPGt_EORT`

: Перечисление (`enum`), показывающее, что больше выходных переменных нет.

Для каждой переменной, включённой в команду SQL, эта функция принимает десять аргументов:

1. Тип в виде специального символа.
2. Указатель на значение или указатель на указатель.

3. Размер переменной, если она имеет тип `char` или `varchar`.
4. Число элементов в массиве (при выборке данных в массив).
5. Смещение следующего элемента в массиве (при выборке данных в массив).
6. Тип переменной-индикатора в виде специального символа.
7. Указатель на переменную-индикатор.
8. 0
9. Число элементов в массиве индикаторов (при выборке данных в массив).
10. Смещение следующего элемента в массиве индикаторов (при выборке данных в массив).

Заметьте, что не все команды SQL обрабатываются таким образом. Например, команда открытия курсора вида:

```
EXEC SQL OPEN курсор;
```

не копируется в вывод. Вместо этого в позиции команды `OPEN` применяется команда `DECLARE` этого курсора, так как на самом деле курсор открывает она.

Ниже показан полный пример, демонстрирующий результат обработки препроцессором файла `foo.pgc` (детали могут меняться от версии к версии препроцессора):

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int index;
int result;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
...
EXEC SQL SELECT res INTO :result FROM mytable WHERE index = :index;
```

преобразуется в:

```
/* Processed by ecpg (2.6.0) */
/* These two include files are added by the preprocessor */
#include <ecpgtype.h>;
#include <ecpglib.h>;

/* exec sql begin declare section */

#line 1 "foo.pgc"

 int index;
 int result;
/* exec sql end declare section */
...
ECPGdo(__LINE__, NULL, "SELECT res FROM mytable WHERE index = ?     ",
        ECPGt_int,&(index),1L,1L,sizeof(int),
        ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EOIT,
        ECPGt_int,&(result),1L,1L,sizeof(int),
        ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EORT);
#line 147 "foo.pgc"
```

(Отступы здесь добавлены для читаемости, препроцессор их не вставляет.)

Глава 36. Информационная схема

Информационная схема состоит из набора представлений, содержащих информацию об объектах, определённых в текущей базе данных. Информационная схема описана в стандарте SQL и поэтому можно рассчитывать на её переносимость и стабильность — в отличие от системных каталогов, которые привязаны к PostgreSQL, и моделируются, отталкиваясь от реализации. Представления информационной схемы, однако, не содержат информацию о функциях, присущих исключительно PostgreSQL; чтобы получить информацию о них, необходимо обратиться к системным каталогам или другим специфическим представлениям PostgreSQL.

> **Примечание**
>
> Когда из базы данных запрашивается информация об ограничениях, возможна ситуация, когда соответствующий стандарту запрос, который должен возвращать одну строку, возвращает несколько. Это связано с тем, что стандарт SQL требует, чтобы имена ограничений были уникальными в схеме, но в PostgreSQL такого требования нет. Имена ограничений, которые PostgreSQL генерирует автоматически, не должны дублироваться в одной схеме, но сами пользователи могут назначить подобные дублирующиеся имена.
>
> Эта проблема может проявиться при обращении к таким представлениям информационной схемы, как `check_constraint_routine_usage`, `check_constraints`, `domain_constraints` и `referential_constraints`. В некоторых других представлениях она могла бы тоже иметь место, но они содержат имя таблицы, помогающее различить дублирующиеся строки, например: `constraint_column_usage`, `constraint_table_usage`, `table_constraints`.

36.1. Схема

Информационная схема сама по себе — это схема с именем `information_schema`. Данная схема автоматически доступна во всех базах данных. Владельцем этой схемы является начальный пользователь баз данных в кластере, и этот пользователь, естественно, имеет все права в ней, включая возможность её удалить (хотя достигаемая при этом экономия пространства минимальна).

По умолчанию информационная схема отсутствует в пути поиска схем, так что ко всем объектам в ней нужно обращаться по полным именам. Так как имена некоторых объектов в информационной схеме довольно распространённые и могут встречаться и в пользовательских приложениях, будьте осторожны, добавляя информационную схему в путь поиска.

36.2. Типы данных

Столбцы в представлениях информационной схемы имеют специальные типы данных, определённые в информационной схеме. Они определены как простые домены поверх обычных встроенных типов. Задействовать эти типы вне информационной схемы не следует, но тем не менее приложения, выбирающие данные из информационной схеме должны быть готовы работать с ними.

Это следующие типы:

`cardinal_number`

: Неотрицательное целое.

`character_data`

: Строка символов (без определённого ограничения по длине).

`sql_identifier`

: Строка символов. Этот тип применяется для идентификаторов SQL, тогда как тип `character_data` для всех остальных видов текстовых данных.

`time_stamp`

: Домен на базе типа `timestamp with time zone` yes_or_no

Домен символьной строки, который принимает либо YES, либо NO. Этот домен применяется для представления булевых данных (истина/ложь, true/false) в информационной схеме. (Информационная схема была введена до появления в стандарте SQL типа boolean, поэтому данный домен необходим для сохранения обратной совместимости информационной схемы.)

Все столбцы в информационной схеме имеют один из этих пяти типов.

36.3. information_schema_catalog_name

Таблица information_schema_catalog_name всегда содержит одну строку и один столбец с именем текущей базы данных (текущий каталог, в терминологии SQL).

Таблица 36.1. Столбцы information_schema_catalog_name

Тип столбца Описание
catalog_name sql_identifier Имя базы данных, содержащей эту информационную схему

36.4. administrable_role_authorizations

Представление administrable_role_authorizations описывает все роли, для которых текущий пользователь является администратором.

Таблица 36.2. Столбцы administrable_role_authorizations

Тип столбца Описание
grantee sql_identifier Имя роли, которой было разрешено участие в целевой роли (может быть текущий пользователь, либо другая роль, в случае вложенного членства)
role_name sql_identifier Имя целевой роли
is_grantable yes_or_no Всегда YES

36.5. applicable_roles

Представление applicable_roles описывает все роли, права которых может использовать текущий пользователь. Это означает, что существует некоторая цепочка ролей от текущего пользователя к целевой роли. Роль самого пользователя также считается применимой. Набор применимых ролей обычно используется для проверки разрешений.

Таблица 36.3. Столбцы applicable_roles

Тип столбца Описание
grantee sql_identifier Имя роли, которой было разрешено участие в целевой роли (может быть текущий пользователь, либо другая роль, в случае вложенного членства)
role_name sql_identifier Имя целевой роли
is_grantable yes_or_no YES, если субъект является администратором для этой роли, или NO в противном случае

36.6. attributes

Представление attributes содержит информацию об атрибутах составных типов данных, определённых в базе. (Заметьте, что представление не даёт информацию о столбцах таблицы, которые иногда называются атрибутами в контекстах PostgreSQL.) В нём показываются только те атрибуты, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторое право для использования типа).

Таблица 36.4. Столбцы attributes

Тип столбца Описание
udt_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей тип данных (всегда текущая база)
udt_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей тип данных
udt_name sql_identifier Имя типа данных
attribute_name sql_identifier Имя атрибута
ordinal_position cardinal_number Порядковый номер атрибута внутри типа данных (нумерация начинается с 1)
attribute_default character_data Выражение по умолчанию для атрибута
is_nullable yes_or_no YES, если атрибут может содержать NULL, или NO, если он не принимает NULL
data_type character_data Тип данных атрибута, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению element_types), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в attribute_udt_name и связанных столбцах).
character_maximum_length cardinal_number Если в data_type указан тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; NULL для всех других типов данных, либо если максимальная длина не объявлена.
character_octet_length cardinal_number Если в data_type указан тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); NULL для всех других типов данных. Максимальный размер в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.
character_set_catalog sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки атрибута (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных атрибута несортируемый
collation_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей правило сортировки атрибута, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных атрибута несортируемый
collation_name sql_identifier

Тип столбца Описание
Имя правила сортировки атрибута, либо NULL, если это правило по умолчанию или атрибут несортируемый
`numeric_precision` `cardinal_number` Если в `data_type` указан числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для этого атрибута. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix`. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`numeric_precision_radix` `cardinal_number` Если в `data_type` указан числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах `numeric_precision` и `numeric_scale`. Возможные варианты: 2 или 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`numeric_scale` `cardinal_number` Если в `data_type` указан точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа для этого атрибута. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix`. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`datetime_precision` `cardinal_number` Если в `data_type` указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа этого атрибута, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`interval_type` `character_data` Если в `data_type` указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в этом атрибуте, например: `YEAR TO MONTH`, `DAY TO SECOND` и т. д. Если ограничения для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
`interval_precision` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле `datetime_precision`, определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
`attribute_udt_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён тип данных атрибута (всегда текущая база)
`attribute_udt_schema` `sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип данных атрибута
`attribute_udt_name` `sql_identifier` Имя типа данных атрибута
`scope_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality` `cardinal_number` Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier` `sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных атрибута, уникальный среди всех дескрипторов типа данных, относящихся к составному типу. Он в основном полезен для соедине-

Тип столбца Описание
ния с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
`is_derived_reference_attribute` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Обратитесь также к описанию Раздел 36.17, представлению с похожей структурой, за дополнительной информацией о некоторых столбцах.

36.7. character_sets

Представление `character_sets` описывает наборы символов, доступные в текущей базе данных. Так как PostgreSQL не поддерживает несколько наборов символов в одной базе данных, этот набор показывает только один набор, соответствующий кодировке базы.

Примите к сведению следующие термины, принятые в стандарте SQL:

совокупность символов

: Абстрактная коллекция символов, например `UNICODE`, `UCS` или `LATIN1`. Не существует в виде SQL-объекта, но показывается в этом представлении.

форма кодировки символов

: Кодировка некоторой совокупности символов. Для большинства устаревших совокупностей используется только одна кодировка, так что эта кодировка не имеет отдельного имени (например, `LATIN2` — форма кодировки, применимая к совокупности `LATIN2`). Но например, Unicode имеет формы кодировки `UTF8`, `UTF16` и т. д. (не все они поддерживаются в PostgreSQL). Формы кодировки не существуют в виде SQL-объектов, но показываются в этом представлении.

набор символов

: Именованный SQL-объект, определяющий совокупность и кодировку символов, а также правило сортировки по умолчанию. Предопределённый набор символов обычно называется так же, как форма кодировки, но пользователи могут определить другие имена. Например, набору символов `UTF8` обычно соответствует совокупность символов `UCS`, форма кодировки `UTF8` и некоторое правило сортировки по умолчанию.

Вы можете считать, что «кодировка» в PostgreSQL определяет набор или форму кодировки символов. Она имеет такое же имя и может быть только одной в определённой базе.

Таблица 36.5. Столбцы `character_sets`

Тип столбца Описание
`character_set_catalog` `sql_identifier` Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL.
`character_set_schema` `sql_identifier` Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL.
`character_set_name` `sql_identifier` Имя набора символов, в настоящее время в качестве этого имени показывается имя кодировки базы данных
`character_repertoire` `sql_identifier` Совокупность символов — `UCS` для кодировки `UTF8`, либо просто имя кодировки
`form_of_use` `sql_identifier` Форма кодировки символов, то же, что и кодировка базы данных

Тип столбца Описание
default_collate_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки по умолчанию (всегда текущая база, если это правило установлено)
default_collate_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей правило сортировки по умолчанию
default_collate_name sql_identifier Имя правила сортировки по умолчанию. Правилом сортировки по умолчанию считается правило, соответствующее параметрам COLLATE и CTYPE текущей базы данных. Если такого правила нет, данный столбец и связанные столбцы схемы и каталога содержат NULL.

36.8. check_constraint_routine_usage

Представление check_constraint_routine_usage описывает подпрограммы (функции и процедуры), участвующие в проверках ограничений. В нём показываются только те подпрограммы, которые принадлежат текущей активной роли.

Таблица 36.6. Столбцы check_constraint_routine_usage

Тип столбца Описание
constraint_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name sql_identifier Имя ограничения
specific_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей функцию
specific_name sql_identifier «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.

36.9. check_constraints

Представление check_constraints показывает все ограничения-проверки, либо определённые для таблицы или домена, либо принадлежащие текущей активной роли. (Владелец таблицы или домена является владельцем ограничения.)

Таблица 36.7. Столбцы check_constraints

Тип столбца Описание
constraint_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name sql_identifier Имя ограничения
check_clause character_data Выражение проверки для ограничения

36.10. collations

Представление collations показывает правила сортировки, доступные в текущей базе данных.

Таблица 36.8. Столбцы collations

Тип столбца Описание
collation_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки (всегда текущая база)
collation_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей правило сортировки
collation_name sql_identifier Имя правила сортировки
pad_attribute character_data Всегда NO PAD (Альтернативный вариант PAD SPACE в PostgreSQL не поддерживается.)

36.11. collation_character_set_applicability

Представление collation_character_set_applicability показывает, к каким наборам символов применимы доступные правила сортировки. В PostgreSQL в базе данных может быть только один набор символов (см. описание в Разделе 36.7), так что это представление даёт не так много полезной информации.

Таблица 36.9. Столбцы collation_character_set_applicability

Тип столбца Описание
collation_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки (всегда текущая база)
collation_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей правило сортировки
collation_name sql_identifier Имя правила сортировки
character_set_catalog sql_identifier Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL
character_set_schema sql_identifier Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL
character_set_name sql_identifier Имя набора символов

36.12. column_column_usage

Представление column_column_usage описывает все генерируемые столбцы, которые зависят от других базовых столбцов в той же таблице. В нём показываются только таблицы, принадлежащие текущей активной роли.

Таблица 36.10. Столбцы column_column_usage

Тип столбца Описание
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)

Тип столбца Описание
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name sql_identifier` Имя таблицы
`column_name sql_identifier` Имя базового столбца, от которого зависит генерируемый
`dependent_column sql_identifier` Имя генерируемого столбца

36.13. column_domain_usage

Представление `column_domain_usage` описывает все столбцы (таблиц или представлений), которые используют какие-либо домены, определённые в базе данных и принадлежащие текущей активной роли.

Таблица 36.11. Столбцы `column_domain_usage`

Тип столбца Описание
`domain_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
`domain_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей домен
`domain_name sql_identifier` Имя домена
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name sql_identifier` Имя таблицы
`column_name sql_identifier` Имя столбца

36.14. column_options

Представление `column_options` показывает все параметры, определённые для столбцов сторонней таблицы в текущей базе данных. В нём отражаются только те столбцы сторонних таблиц, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.12. Столбцы `column_options`

Тип столбца Описание
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей стороннюю таблицу (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу
`table_name sql_identifier` Имя сторонней таблицы
`column_name sql_identifier`

Тип столбца Описание
Имя столбца
option_name sql_identifier Имя параметра
option_value character_data Значение параметра

36.15. column_privileges

Представление column_privileges описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для столбцов. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации столбца, праводателя и правообладателя.

Если право даётся для всей таблицы, оно будет показываться как право для каждого столбца, но только для типов прав, применимых к столбцам: SELECT, INSERT, UPDATE, REFERENCES.

Таблица 36.13. Столбцы column_privileges

Тип столбца Описание
grantor sql_identifier Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee sql_identifier Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу с этим столбцом (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу с этим столбцом
table_name sql_identifier Имя таблицы с этим столбцом
column_name sql_identifier Имя столбца
privilege_type character_data Тип права: SELECT, INSERT, UPDATE или REFERENCES
is_grantable yes_or_no YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

36.16. column_udt_usage

Представление column_udt_usage описывает все столбцы, которые используют типы данных, принадлежащие текущей активной роли. Заметьте, что в PostgreSQL встроенные типы данных не отличаются от определённых пользователем, так что в этом представлении выводятся и они. За подробностями обратитесь к Разделу 36.17.

Таблица 36.14. Столбцы column_udt_usage

Тип столбца Описание
udt_catalog sql_identifier Имя базы данных, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
udt_schema sql_identifier

Тип столбца Описание
Имя схемы, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
`udt_name` `sql_identifier` Имя типа данных столбца (если применимо, нижележащий тип домена)
`table_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
`table_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name` `sql_identifier` Имя таблицы
`column_name` `sql_identifier` Имя столбца

36.17. columns

Представление `columns` содержит информацию обо всех столбцах таблиц (или столбцах представлений) в базе данных. Системные столбцы (`ctid` и т. д.) в нём не отображаются. В нём показываются только те столбцы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.15. Столбцы columns

Тип столбца Описание
`table_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
`table_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name` `sql_identifier` Имя таблицы
`column_name` `sql_identifier` Имя столбца
`ordinal_position` `cardinal_number` Порядковый номер столбца в таблице (нумерация начинается с 1)
`column_default` `character_data` Выражение по умолчанию для столбца
`is_nullable` `yes_or_no` `YES`, если столбец может содержать NULL, или `NO`, если он не принимает NULL. Не будет принимать NULL столбец с ограничением NOT NULL, но возможны и другие варианты.
`data_type` `character_data` Тип данных столбца, если это встроенный тип, либо `ARRAY`, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению `element_types`), иначе — `USER-DEFINED` (в этом случае тип определяется в `udt_name` и связанных столбцах). Если столбец основан на домене, данный столбец показывает нижележащий тип домена (а сам домен показывается в `domain_name` и связанных столбцах).
`character_maximum_length` `cardinal_number` Если в `data_type` указан тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; NULL для всех других типов данных, либо если максимальная длина не объявлена.
`character_octet_length` `cardinal_number`

Тип столбца Описание
Если в data_type указан тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); NULL для всех других типов данных. Максимальный размер в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.
numeric_precision cardinal_number Если в data_type указан числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для целевого столбца. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_precision_radix cardinal_number Если в data_type указан числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах numeric_precision и numeric_scale. Возможные варианты: 2 или 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_scale cardinal_number Если в data_type указан точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа для целевого столбца. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
datetime_precision cardinal_number Если в data_type указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа для целевого столбца, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
interval_type character_data Если в data_type указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в целевом столбце, например: YEAR TO MONTH, DAY TO SECOND и т. д. Если ограничения для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
interval_precision cardinal_number Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле datetime_precision, определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
character_set_catalog sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки столбца (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
collation_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей правило сортировки столбца, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
collation_name sql_identifier Имя правила сортировки столбца, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
domain_catalog sql_identifier

Тип столбца Описание
Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя базы данных, в которой определён домен (всегда текущая база), иначе — NULL.
`domain_schema sql_identifier` Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя схемы, в которой определён домен, иначе — NULL.
`domain_name sql_identifier` Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя домена, иначе — NULL.
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
`udt_schema sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
`udt_name sql_identifier` Имя типа данных столбца (если применимо, нижележащий тип домена)
`scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality cardinal_number` Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных столбца, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к таблице. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
`is_self_referencing yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`is_identity yes_or_no` Если целевой столбец является столбцом идентификации, значение `YES`, иначе — `NO`.
`identity_generation character_data` Если целевой столбец является столбцом идентификации, значение `ALWAYS` или `BY DEFAULT`, отражающее определение столбца.
`identity_start character_data` Если целевой столбец является столбцом идентификации, начальное значение внутренней последовательности, иначе — NULL.
`identity_increment character_data` Если целевой столбец является столбцом идентификации, шаг внутренней последовательности, иначе — NULL.
`identity_maximum character_data` Если целевой столбец является столбцом идентификации, максимальное значение внутренней последовательности, иначе — NULL.
`identity_minimum character_data`

Тип столбца Описание
Если целевой столбец является столбцом идентификации, минимальное значение внутренней последовательности, иначе — NULL.
identity_cycle yes_or_no Если целевой столбец является столбцом идентификации, YES показывает, что внутренняя последовательность зацикливается, NO — не зацикливается, иначе — NULL.
is_generated character_data ALWAYS, если целевой столбец является генерируемым, иначе — NEVER.
generation_expression character_data Генерирующее выражение, если целевой столбец является генерируемым, иначе — NULL.
is_updatable yes_or_no YES, если столбец допускает изменение, или NO в противном случае (столбцы в базовых таблицах всегда изменяемые, но в представлениях — не обязательно)

Так как типы данных могут определяться в SQL множеством способов и PostgreSQL добавляет дополнительные варианты, представление типов в информационной схеме может быть довольно сложным. Столбец data_type предназначен для идентификации нижележащего встроенного типа столбца. В PostgreSQL это означает, что данный тип определён в схеме системного каталога pg_catalog. Этот столбец может быть полезным, если приложение способно особым образом воспринимать встроенные типы (например, форматировать числовые типы по-другому или задействовать данные в столбцах точности). Столбцы udt_name, udt_schema и udt_catalog всегда указывают на нижележащий тип данных столбца, даже если столбец основан на домене. (Так как в PostgreSQL встроенные типы не отличаются от определённых пользователем, в этом представлении выводятся и они. Это расширение стандарта SQL.) Эти столбцы должны учитываться, когда приложению нужно обрабатывать данные в зависимости от типа, так как в этом случае не важно, основан ли столбец на домене. Если столбец основан на домене, на него указывают столбцы domain_name, domain_schema и domain_catalog. Если вы хотите связать столбцы с их типами данных и обработать домены как отдельные типы, вы можете записать coalesce(domain_name, udt_name) и т. п.

36.18. constraint_column_usage

Представление constraint_column_usage описывает все столбцы в текущей базе данных, связанные с некоторым ограничением. В нём показываются только столбцы таблиц, принадлежащих текущей активной роли. Для ограничений-проверок это представление содержит столбцы, задействованные в выражении проверки. Для ограничений внешнего ключа оно содержит столбцы, на которые ссылается внешний ключ, а для ограничений уникальности или первичного ключа — ограничиваемые столбцы.

Таблица 36.16. Столбцы constraint_column_usage

Тип столбца Описание
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в некотором ограничении (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в некотором ограничении
table_name sql_identifier Имя таблицы со столбцом, задействованным в некотором ограничении
column_name sql_identifier Имя столбца, задействованного в некотором ограничении
constraint_catalog sql_identifier

Тип столбца Описание
Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
`constraint_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей ограничение
`constraint_name sql_identifier` Имя ограничения

36.19. constraint_table_usage

Представление `constraint_table_usage` описывает все таблицы в текущей базе данных, связанные с некоторым ограничением и принадлежащие текущей активной роли. (Это отличается от представления `table_constraints`, в котором показываются все ограничения таблиц с таблицами, для которых они определены.) Для ограничений внешнего ключа это представление показывает таблицу, на которую ссылается ограничение. Для ограничений уникальности или первичного ключа в этом представлении показывается таблица, которой принадлежит ограничение. Ограничения-проверки и ограничения NOT NULL в нём не отражаются.

Таблица 36.17. Столбцы `constraint_table_usage`

Тип столбца Описание
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, которая содержит таблицу, задействованную некоторым ограничением (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, которая содержит таблицу, задействованную некоторым ограничением
`table_name sql_identifier` Имя таблицы, задействованной некоторым ограничением
`constraint_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
`constraint_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей ограничение
`constraint_name sql_identifier` Имя ограничения

36.20. data_type_privileges

Представление `data_type_privileges` описывает все дескрипторы типов данных, к которым имеет доступ текущий пользователь, являясь их владельцем или имея некоторые права для них. Дескриптор типа данных формируется, когда тип данных задействуется в определении столбца таблицы, домена или функции (в качестве типа параметра или результата), и хранит некоторую информацию о том, как этот тип используется в данном случае (например, объявленную максимальную длину, если это применимо). Каждому дескриптору типа данных назначается уникальный идентификатор, уникальный среди всех дескрипторов типов, назначаемых одному объекту (таблица, домен, функция). Это представление, вероятно, не полезно для приложений, но на его базе определены некоторые другие представления в информационной схеме.

Таблица 36.18. Столбцы `data_type_privileges`

Тип столбца Описание
`object_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей описываемый объект (всегда текущая база)
`object_schema sql_identifier`

Тип столбца Описание
Имя схемы, содержащей описываемый объект
object_name sql_identifier Имя описываемого объекта
object_type character_data Тип описываемого объекта: TABLE (дескриптор типа данных относится к столбцу этой таблицы), DOMAIN (дескриптор типа данных относится к домену) или ROUTINE (дескриптор типа данных относится к типу данных параметра или результата функции).
dtd_identifier sql_identifier Идентификатор дескриптора типа данных, уникальный среди дескрипторов типов для этого же объекта.

36.21. domain_constraints

Представление domain_constraints показывает все ограничения, принадлежащие доменам, определённым в текущей базе данных. В нём отражаются только те домены, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.19. Столбцы domain_constraints

Тип столбца Описание
constraint_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name sql_identifier Имя ограничения
domain_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
domain_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей домен
domain_name sql_identifier Имя домена
is_deferrable yes_or_no YES, если ограничение откладываемое, или NO в противном случае
initially_deferred yes_or_no YES, если ограничение откладываемое и отложенное изначально, или NO в противном случае

36.22. domain_udt_usage

Представление domain_udt_usage описывает все домены, которые используют типы данных, принадлежащие текущей активной роли. Заметьте, что в PostgreSQL встроенные типы данных не отличаются от определённых пользователем, так что в этом представлении выводятся и они.

Таблица 36.20. Столбцы domain_udt_usage

Тип столбца Описание
udt_catalog sql_identifier Имя базы данных, в которой определён тип данных домена (всегда текущая база)
udt_schema sql_identifier

Тип столбца Описание
Имя схемы, в которой определён тип данных домена
udt_name sql_identifier Имя типа данных домена
domain_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
domain_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей домен
domain_name sql_identifier Имя домена

36.23. domains

Представление domains показывает все домены, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те домены, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.21. Столбцы domains

Тип столбца Описание
domain_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
domain_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей домен
domain_name sql_identifier Имя домена
data_type character_data Тип данных домена, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению element_types), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в udt_name и связанных столбцах).
character_maximum_length cardinal_number Если домен имеет тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; NULL для всех других типов данных, или если максимальная длина не объявлена.
character_octet_length cardinal_number Если домен имеет тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); NULL для всех других типов данных. Максимальный размер в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.
character_set_catalog sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name sql_identifier Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей правило сортировки домена (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
collation_schema sql_identifier

Тип столбца Описание
Имя схемы, содержащей правило сортировки домена, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
`collation_name sql_identifier` Имя правила сортировки домена, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
`numeric_precision cardinal_number` Если домен имеет числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для этого домена. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix` . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`numeric_precision_radix cardinal_number` Если домен имеет числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах `numeric_precision` и `numeric_scale` . Возможные варианты: 2 и 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`numeric_scale cardinal_number` Если домен имеет точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа для этого домена. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix` . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`datetime_precision cardinal_number` Если в `data_type` указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа для этого домена, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
`interval_type character_data` Если в `data_type` указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в домене, например: `YEAR TO MONTH`, `DAY TO SECOND` и т. д. Если ограничения для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
`interval_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле `datetime_precision` , определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
`domain_default character_data` Выражение по умолчанию для домена
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён тип данных домена (всегда текущая база)
`udt_schema sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип данных домена
`udt_name sql_identifier` Имя типа данных домена
`scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality cardinal_number`

Тип столбца Описание
Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных целевого домена, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к домену (что тривиально, так как домен содержит только один дескриптор типа). Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)

36.24. element_types

Представление `element_types` показывает дескрипторы типов элементов массива. Когда столбец таблицы, атрибут составного типа, параметр или результат функции объявлены с типом массива, соответствующее представление информационной схемы будет содержать только `ARRAY` в столбце `data_type`. Чтобы получить информацию о типе элемента массива, можно связать соответствующее представление с данным. Например, просмотреть столбцы таблицы с типами данных и типами элементов массива (если это применимо) можно так:

```
SELECT c.column_name, c.data_type, e.data_type AS element_type
FROM information_schema.columns c LEFT JOIN information_schema.element_types e
     ON ((c.table_catalog, c.table_schema, c.table_name, 'TABLE', c.dtd_identifier)
       = (e.object_catalog, e.object_schema, e.object_name, e.object_type,
 e.collection_type_identifier))
WHERE c.table_schema = '...' AND c.table_name = '...'
ORDER BY c.ordinal_position;
```

Это представление показывает только те объекты, к которым имеет доступ текущий пользователь, являясь владельцем или имея некоторые права.

Таблица 36.22. Столбцы element_types

Тип столбца Описание
`object_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей объект, связанный с описываемым массивом (всегда текущая база)
`object_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей объект, связанный с описываемым массивом
`object_name sql_identifier` Имя объекта, связанного с описываемым массивом
`object_type character_data` Тип объекта, связанного с описываемым массивом: `TABLE` (массив задействован в столбце этой таблицы), `USER-DEFINED TYPE` (массив задействован в атрибуте составного типа), `DOMAIN` (массив задействован в домене), `ROUTINE` (массив задействован в типе данных параметра или результата функции).
`collection_type_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных для описываемого массива. Его можно использовать для соединения со столбцами `dtd_identifier` других представлений информационной схемы.
`data_type character_data` Тип данных элементов массива, если это встроенный тип, либо `USER-DEFINED` (в этом случае тип определяется в `udt_name` и связанных столбцах).
`character_maximum_length cardinal_number`

Тип столбца Описание
Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`character_octet_length cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`character_set_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`collation_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей правило сортировки типа элемента (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый
`collation_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей правило сортировки типа элемента, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый
`collation_name sql_identifier` Имя правила сортировки типа элемента, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый
`numeric_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`numeric_precision_radix cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`numeric_scale cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`datetime_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`interval_type character_data` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`interval_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
`domain_default character_data` Ещё не реализовано
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён тип данных элемента (всегда текущая база)
`udt_schema sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип данных элемента
`udt_name sql_identifier` Имя типа данных элемента
`scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Тип столбца Описание
`scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality cardinal_number` Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных элемента. В настоящее время бесполезен.

36.25. enabled_roles

Представление `enabled_roles` описывает «доступные роли». Список доступных ролей рекурсивно определяется как роль текущего пользователя плюс роли, данные доступным ролям, с автоматическим наследованием. Другими словами, это роли, которые даны текущему пользователю непосредственно или косвенно, посредством автоматического наследования.

Для проверки разрешений применяется набор «применимых ролей», который может быть шире набора доступных ролей. Поэтому в общем случае вместо этого представления лучше использовать представление `applicable_roles` (оно описывается в Разделе 36.5).

Таблица 36.23. Столбцы enabled_roles

Тип столбца Описание
`role_name sql_identifier` Имя целевой роли

36.26. foreign_data_wrapper_options

Представление `foreign_data_wrapper_options` показывает все параметры, определённые для обёрток сторонних данных в текущей базе. В нём отражаются только те обёртки сторонних данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.24. Столбцы foreign_data_wrapper_options

Тип столбца Описание
`foreign_data_wrapper_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных (всегда текущая база)
`foreign_data_wrapper_name sql_identifier` Имя обёртки сторонних данных
`option_name sql_identifier` Имя параметра
`option_value character_data` Значение параметра

36.27. foreign_data_wrappers

Представление `foreign_data_wrappers` показывает все обёртки сторонних данных, определённые в текущей базе. В нём показываются только те обёртки сторонних данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.25. Столбцы foreign_data_wrappers

Тип столбца Описание
`foreign_data_wrapper_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных (всегда текущая база)
`foreign_data_wrapper_name sql_identifier` Имя обёртки сторонних данных
`authorization_identifier sql_identifier` Имя владельца стороннего сервера
`library_name character_data` Имя файла библиотеки, реализующей эту обёртку сторонних данных
`foreign_data_wrapper_language character_data` Язык, на котором реализована эта обёртка сторонних данных

36.28. foreign_server_options

Представление `foreign_server_options` показывает все параметры, определённые для сторонних серверов в текущей базе данных. В нём отражаются только те сторонние серверы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.26. Столбцы foreign_server_options

Тип столбца Описание
`foreign_server_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
`foreign_server_name sql_identifier` Имя стороннего сервера
`option_name sql_identifier` Имя параметра
`option_value character_data` Значение параметра

36.29. foreign_servers

Представление `foreign_servers` показывает все сторонние серверы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те сторонние серверы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.27. Столбцы foreign_servers

Тип столбца Описание
`foreign_server_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
`foreign_server_name sql_identifier` Имя стороннего сервера
`foreign_data_wrapper_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных, используемая сторонним сервером (всегда текущая база)
`foreign_data_wrapper_name sql_identifier`

Тип столбца Описание
Имя обёртки сторонних данных, используемой сторонним сервером
foreign_server_type character_data Информация о типе стороннего сервера, если она была указана при его создании
foreign_server_version character_data Информация о версии стороннего сервера, если она была указана при его создании
authorization_identifier sql_identifier Имя владельца стороннего сервера

36.30. foreign_table_options

Представление foreign_table_options показывает все параметры, определённые для сторонних таблиц в текущей базе данных. В нём отражаются только те сторонние таблицы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.28. Столбцы foreign_table_options

Тип столбца Описание
foreign_table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей стороннюю таблицу (всегда текущая база)
foreign_table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу
foreign_table_name sql_identifier Имя сторонней таблицы
option_name sql_identifier Имя параметра
option_value character_data Значение параметра

36.31. foreign_tables

Представление foreign_tables показывает все сторонние таблицы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те сторонние таблицы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.29. Столбцы foreign_tables

Тип столбца Описание
foreign_table_catalog sql_identifier Имя базы данных, в которой определена сторонняя таблица (всегда текущая база)
foreign_table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу
foreign_table_name sql_identifier Имя сторонней таблицы
foreign_server_catalog sql_identifier Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
foreign_server_name sql_identifier Имя стороннего сервера

36.32. key_column_usage

Представление key_column_usage описывает все столбцы в текущей базе, с которыми связано какое-либо ограничение уникальности, либо ограничение первичного или внешнего ключа. Ограничения-проверки в этом представлении не показываются. В нём показываются только те столбцы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.30. Столбцы key_column_usage

Тип столбца Описание
constraint_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name sql_identifier Имя ограничения
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, подчиняющимся этому ограничению (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, подчиняющимся этому ограничению
table_name sql_identifier Имя таблицы со столбцом, подчиняющимся этому ограничению
column_name sql_identifier Имя столбца, подчиняющегося этому ограничению
ordinal_position cardinal_number Порядковый номер столбца в ключе ограничения (нумерация начинается с 1)
position_in_unique_constraint cardinal_number Для ограничения внешнего ключа это порядковый номер целевого столбца в его ограничении уникальности (нумерация начинается с 1); в противном случае NULL

36.33. parameters

Представление parameters содержит информацию о параметрах (аргументах) всех функций в текущей базе данных. В нём отражаются только функции, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.31. Столбцы parameters

Тип столбца Описание
specific_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей функцию
specific_name sql_identifier «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.
ordinal_position cardinal_number Порядковый номер параметра в списке аргументов функции (нумерация начинается с 1)
parameter_mode character_data IN для входного параметра, OUT для выходного, INOUT — для входного и выходного параметра.

Тип столбца Описание
`is_result yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`as_locator yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`parameter_name sql_identifier` Имя параметра, либо NULL, если параметр безымянный
`data_type character_data` Тип данных параметра, если это встроенный тип, либо `ARRAY`, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению `element_types`), иначе — `USER-DEFINED` (в этом случае тип определяется в `udt_name` и связанных столбцах).
`character_maximum_length cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`character_octet_length cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`character_set_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`collation_catalog sql_identifier` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`collation_schema sql_identifier` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`collation_name sql_identifier` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`numeric_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`numeric_precision_radix cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`numeric_scale cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`datetime_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`interval_type character_data` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`interval_precision cardinal_number` Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён тип данных параметра (всегда текущая база)
`udt_schema sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип данных параметра
`udt_name sql_identifier` Имя типа данных параметра
`scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Тип столбца Описание
`scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality cardinal_number` Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных параметра, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к функции. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
`parameter_default character_data` Выражение параметра по умолчанию, либо NULL, если такого выражения нет или функция не принадлежит текущей активной роли.

36.34. referential_constraints

Представление `referential_constraints` содержит все ссылочные ограничения (внешнего ключа) в текущей базе данных. В нём показываются только ограничения, в которых ссылающаяся таблица доступна текущему пользователю на запись (он является её владельцем или имеет не только право `SELECT`).

Таблица 36.32. Столбцы referential_constraints

Тип столбца Описание
`constraint_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
`constraint_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей ограничение
`constraint_name sql_identifier` Имя ограничения
`unique_constraint_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей ограничение уникальности или первичный ключ, на которые ссылается ограничение внешнего ключа (всегда текущая база)
`unique_constraint_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей ограничение уникальности или первичный ключ, на которые ссылается ограничение внешнего ключа
`unique_constraint_name sql_identifier` Имя ограничения уникальности или первичного ключа, на которые ссылается ограничение внешнего ключа
`match_option character_data` Тип совпадения для ограничения внешнего ключа: `FULL`, `PARTIAL` или `NONE`.
`update_rule character_data` Правило изменения для ограничения внешнего ключа: `CASCADE`, `SET NULL`, `SET DEFAULT`, `RESTRICT` или `NO ACTION`.
`delete_rule character_data` Правило удаления для ограничения внешнего ключа: `CASCADE`, `SET NULL`, `SET DEFAULT`, `RESTRICT` или `NO ACTION`.

36.35. role_column_grants

Представление role_column_grants описывает все назначенные для столбцов права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в column_privileges. Единственное существенное отличие этого представления от column_privileges состоит в том, что в данном представлении опускаются столбцы, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль PUBLIC.

Таблица 36.33. Столбцы role_column_grants

Тип столбца Описание
grantor sql_identifier Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee sql_identifier Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу с этим столбцом (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу с этим столбцом
table_name sql_identifier Имя таблицы с этим столбцом
column_name sql_identifier Имя столбца
privilege_type character_data Тип права: SELECT, INSERT, UPDATE или REFERENCES
is_grantable yes_or_no YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

36.36. role_routine_grants

Представление role_routine_grants описывает все назначенные для функций права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в routine_privileges. Единственное существенное отличие этого представления от routine_privileges состоит в том, что в данном представлении опускаются функции, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль PUBLIC.

Таблица 36.34. Столбцы role_routine_grants

Тип столбца Описание
grantor sql_identifier Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee sql_identifier Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
specific_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей функцию
specific_name sql_identifier «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.
routine_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)

Тип столбца Описание
`routine_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`routine_name` `sql_identifier` Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
`privilege_type` `character_data` Всегда `EXECUTE` (единственный тип прав для функций)
`is_grantable` `yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае

36.37. role_table_grants

Представление `role_table_grants` описывает все назначенные для таблиц и представлений права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `table_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `table_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются таблицы, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 36.35. Столбцы `role_table_grants`

Тип столбца Описание
`grantor` `sql_identifier` Имя роли, давшей право (праводатель)
`grantee` `sql_identifier` Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
`table_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
`table_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name` `sql_identifier` Имя таблицы
`privilege_type` `character_data` Тип права: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES` или `TRIGGER`
`is_grantable` `yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае
`with_hierarchy` `yes_or_no` В стандарте SQL имеется отдельное подчинённое разрешение `WITH HIERARCHY OPTION`, позволяющее выполнять определённые операции в иерархии наследования таблиц. В PostgreSQL так действует право `SELECT`, так что в этом столбце выводится `YES` для права `SELECT`, а для других — `NO`.

36.38. role_udt_grants

Представление `role_udt_grants` предназначено для отображения прав `USAGE`, назначенных для пользовательских типов, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `udt_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `udt_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются объекты, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`. Так как с типами данных не связываются действующие права в PostgreSQL (только `PUBLIC` неявно даётся право их использования), это представление пустое.

Таблица 36.36. Столбцы `role_udt_grants`

Тип столбца Описание
`grantor sql_identifier` Имя роли, которая дала это право
`grantee sql_identifier` Имя роли, которой было дано это право
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)
`udt_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей тип
`udt_name sql_identifier` Имя типа
`privilege_type character_data` Всегда `TYPE USAGE`
`is_grantable yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае

36.39. role_usage_grants

Представление `role_usage_grants` описывает права `USAGE`, назначенные для объектов различных типов, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `usage_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `usage_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются объекты, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 36.37. Столбцы `role_usage_grants`

Тип столбца Описание
`grantor sql_identifier` Имя роли, которая дала это право
`grantee sql_identifier` Имя роли, которой было дано это право
`object_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей объект (всегда текущая база)
`object_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей объект, если это применимо, иначе пустая строка
`object_name sql_identifier` Имя объекта
`object_type character_data` `COLLATION` или `DOMAIN` или `FOREIGN DATA WRAPPER` или `FOREIGN SERVER` или `SEQUENCE`
`privilege_type character_data` Всегда `USAGE`
`is_grantable yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае

36.40. routine_privileges

Представление `routine_privileges` описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для функций. Оно содержит отдельный столбец для каждой комбинации функции, праводателя и правообладателя.

Таблица 36.38. Столбцы `routine_privileges`

Тип столбца Описание
`grantor` `sql_identifier` Имя роли, давшей право (праводатель)
`grantee` `sql_identifier` Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
`specific_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
`specific_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`specific_name` `sql_identifier` «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.
`routine_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
`routine_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`routine_name` `sql_identifier` Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
`privilege_type` `character_data` Всегда `EXECUTE` (единственный тип прав для функций)
`is_grantable` `yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае

36.41. `routines`

Представление `routines` отображает все функции и процедуры в текущей базе данных. В нём показываются только те функции и процедуры, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.39. Столбцы `routines`

Тип столбца Описание
`specific_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
`specific_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`specific_name` `sql_identifier` «Однозначное имя» функции. Это имя однозначным образом идентифицирует функцию в схеме, даже если реальное имя функции перегружено. Формат однозначных имён не определён, так что его следует использовать только для сравнения с другими экземплярами однозначных имён подпрограмм.
`routine_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
`routine_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`routine_name` `sql_identifier` Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
`routine_type` `character_data` `FUNCTION` для функций, `PROCEDURE` для процедур

Тип столбца	Описание
module_catalog sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
module_schema sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
module_name sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
udt_catalog sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
udt_schema sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
udt_name sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
data_type character_data	Тип данных результата функции, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению element_types), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в type_udt_name и связанных столбцах). Для процедуры данное поле содержит NULL.
character_maximum_length cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
character_octet_length cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
character_set_catalog sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
collation_schema sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
collation_name sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
numeric_precision cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
numeric_precision_radix cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
numeric_scale cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
datetime_precision cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
interval_type character_data	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
interval_precision cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
type_udt_catalog sql_identifier	

Тип столбца Описание
Имя базы данных, в которой определён тип данных результата функции (всегда текущая база). Для процедуры данное поле содержит NULL.
`type_udt_schema sql_identifier` Имя схемы, в которой определён тип данных результата функции. Для процедуры данное поле содержит NULL.
`type_udt_name sql_identifier` Имя типа данных результата функции. Для процедуры данное поле содержит NULL.
`scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`maximum_cardinality cardinal_number` Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
`dtd_identifier sql_identifier` Идентификатор дескриптора типа данных результата функции, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к функции. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
`routine_body character_data` Если функция написана на SQL, это поле содержит `SQL`, иначе `EXTERNAL`.
`routine_definition character_data` Исходный текст функции (NULL, если функция не принадлежит текущей активной роли). (Согласно стандарту SQL, этот столбец актуален, только если в `routine_body` указано `SQL`, но в PostgreSQL он будет содержать любой исходный текст, заданный при создании функции.)
`external_name character_data` Если это функция на C, этот столбец содержит внешнее имя (объектный символ) функции, иначе — NULL. (Это будет то же значение, что содержит столбец `routine_definition`.)
`external_language character_data` Язык, на котором написана функция
`parameter_style character_data` Всегда `GENERAL` (В стандарте SQL определены и другие стили параметров, но в PostgreSQL они отсутствуют.)
`is_deterministic yes_or_no` Если функция объявлена как постоянная (IMMUTABLE) (в стандарте SQL она называется детерминированной), этот столбец содержит `YES`, иначе — `NO`. (Получить другие уровни переменности функций, имеющиеся в PostgreSQL, через информационную схему нельзя.)
`sql_data_access character_data` Всегда `MODIFIES`, что означает, что функция может модифицировать данные SQL. Для PostgreSQL эта информация бесполезна.
`is_null_call yes_or_no` Если функция автоматически возвращает NULL, когда один из аргументов NULL, этот столбец содержит `YES`, иначе — `NO`. Для процедуры он содержит NULL.

Тип столбца Описание
`sql_path` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`schema_level_routine` `yes_or_no` Всегда `YES` (Другое значение было бы у методов пользовательских типов, но в PostgreSQL их нет.)
`max_dynamic_result_sets` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`is_user_defined_cast` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`is_implicitly_invocable` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`security_type` `character_data` Если функция выполняется с правами вызывающего пользователя, этот столбец содержит `INVOKER`, а если с правами пользователя, создавшего её, то — `DEFINER`.
`to_sql_specific_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`to_sql_specific_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`to_sql_specific_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`as_locator` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`created` `time_stamp` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`last_altered` `time_stamp` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`new_savepoint_level` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`is_udt_dependent` `yes_or_no` В настоящее время всегда `NO`. Альтернативное значение `YES` связано с возможностями, отсутствующими в PostgreSQL.
`result_cast_from_data_type` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_as_locator` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_char_max_length` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_char_octet_length` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_char_set_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_char_set_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_char_set_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_collation_catalog` `sql_identifier`

Тип столбца Описание
Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_collation_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_collation_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_numeric_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_numeric_precision_radix cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_numeric_scale cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_datetime_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_interval_type character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_interval_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_type_udt_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_type_udt_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_type_udt_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_scope_catalog sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_scope_schema sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_scope_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_maximum_cardinality cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`result_cast_dtd_identifier sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

36.42. schemata

Представление `schemata` показывает все схемы в текущей базе данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.40. Столбцы `schemata`

Тип столбца Описание
`catalog_name sql_identifier` Имя базы данных, содержащей схему (всегда текущая база)
`schema_name sql_identifier` Имя схемы
`schema_owner sql_identifier`

Тип столбца Описание
Имя владельца схемы
`default_character_set_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`default_character_set_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`default_character_set_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`sql_path` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

36.43. sequences

Представление `sequences` показывает все последовательности, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те последовательности, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.41. Столбцы sequences

Тип столбца Описание
`sequence_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей последовательность (всегда текущая база)
`sequence_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей последовательность
`sequence_name` `sql_identifier` Имя последовательности
`data_type` `character_data` Тип данных последовательности.
`numeric_precision` `cardinal_number` Этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа данных последовательности (см. выше). Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix`.
`numeric_precision_radix` `cardinal_number` Этот столбец определяет, по какому основанию задаются значения в столбцах `numeric_precision` и `numeric_scale`. Возможные варианты: 2 и 10.
`numeric_scale` `cardinal_number` Этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа данных последовательности (см. выше). Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу `numeric_precision_radix`.
`start_value` `character_data` Начальное значение последовательности
`minimum_value` `character_data` Минимальное значение последовательности
`maximum_value` `character_data` Максимальное значение последовательности
`increment` `character_data` Шаг увеличения последовательности

Тип столбца Описание
cycle_option yes_or_no YES, если последовательность зацикливается, или NO в противном случае

Заметьте, что, согласно стандарту SQL, начальное, минимальное, максимальное значение и шаг выдаются в виде символьных строк.

36.44. sql_features

Таблица sql_features содержит информацию о формальной функциональности, описанной в стандарте и поддерживаемой PostgreSQL. Эта же информация представлена в Приложении D. Там вы можете найти и дополнительные сведения.

Таблица 36.42. Столбцы sql_features

Тип столбца Описание
feature_id character_data Строка идентификатора функциональности
feature_name character_data Описательное название функциональности
sub_feature_id character_data Строка идентификатора подчинённой возможности, либо строка нулевой длины, если это не подчинённая возможность
sub_feature_name character_data Описательное название подчинённой возможности, либо строка нулевой длины, если это не подчинённая возможность
is_supported yes_or_no YES, если функциональность полностью поддерживается текущей версией PostgreSQL, либо NO в противном случае
is_verified_by character_data Всегда NULL, так как группа разработки PostgreSQL не проводит формальное тестирование функционального соответствия
comments character_data Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии функциональности

36.45. sql_implementation_info

Таблица sql_implementation_info содержит информацию о различных аспектах, которые в стандарте SQL оставлены на усмотрение реализации. Эта информация в основном предназначена для применения в контексте интерфейса ODBC; пользователям других интерфейсов она вряд ли будет нужна. Поэтому отдельные элементы особенностей реализации здесь не описываются; о них можно прочитать в описании интерфейса ODBC.

Таблица 36.43. Столбцы sql_implementation_info

Тип столбца Описание
implementation_info_id character_data Строка идентификатора элемента особенности реализации
implementation_info_name character_data Описательное название элемента особенности реализации
integer_value cardinal_number

Тип столбца Описание
Значение элемента особенности реализации, либо NULL, если его значение содержится в столбце character_value
character_value character_data Значение элемента особенности реализации, либо NULL, если его значение содержится в столбце integer_value
comments character_data Необязательный комментарий, относящийся к элементу особенности реализации

36.46. sql_parts

Таблица sql_parts содержит информацию о различных частях стандарта SQL, поддерживаемых PostgreSQL.

Таблица 36.44. Столбцы sql_parts

Тип столбца Описание
feature_id character_data Строка идентификатора, содержащая номер части
feature_name character_data Описательное название части
is_supported yes_or_no YES, если часть полностью поддерживается текущей версией PostgreSQL, либо NO в противном случае
is_verified_by character_data Всегда NULL, так как группа разработки PostgreSQL не проводит формальное тестирование функционального соответствия
comments character_data Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии части

36.47. sql_sizing

Таблица sql_sizing содержит информацию о различных ограничениях размера и максимальных значениях в PostgreSQL. Эта информация в основном предназначена для применения в контексте интерфейса ODBC; пользователям других интерфейсов она вряд ли будет нужна. Поэтому отдельные элементы размеров здесь не описываются; о них можно прочитать в описании интерфейса ODBC.

Таблица 36.45. Столбцы sql_sizing

Тип столбца Описание
sizing_id cardinal_number Идентификатор элемента размеров
sizing_name character_data Описательное название элемента размеров
supported_value cardinal_number Значение элемента размеров, или 0, если размер неограниченный или не может быть определён, либо NULL, если функциональность, к которой относится размер, не поддерживается
comments character_data Необязательный комментарий, относящийся к элементу размеров

36.48. table_constraints

Представление table_constraints показывает все ограничения, принадлежащие таблицам, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права, кроме SELECT).

Таблица 36.46. Столбцы table_constraints

Тип столбца Описание
constraint_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name sql_identifier Имя ограничения
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу
table_name sql_identifier Имя таблицы
constraint_type character_data Тип ограничения: CHECK, FOREIGN KEY, PRIMARY KEY или UNIQUE
is_deferrable yes_or_no YES, если ограничение откладываемое, или NO в противном случае
initially_deferred yes_or_no YES, если ограничение откладываемое и отложенное изначально, или NO в противном случае
enforced yes_or_no Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (в настоящее время всегда равно YES)

36.49. table_privileges

Представление table_privileges описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для таблиц и представлений. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации таблицы, праводателя и правообладателя.

Таблица 36.47. Столбцы table_privileges

Тип столбца Описание
grantor sql_identifier Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee sql_identifier Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу
table_name sql_identifier Имя таблицы

Тип столбца Описание
`privilege_type character_data` Тип права: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES` или `TRIGGER`
`is_grantable yes_or_no` `YES`, если право может передаваться, или `NO` в противном случае
`with_hierarchy yes_or_no` В стандарте SQL имеется отдельное подчинённое разрешение `WITH HIERARCHY OPTION`, позволяющее выполнять определённые операции в иерархии наследования таблиц. В PostgreSQL так действует право `SELECT`, так что в этом столбце выводится `YES` для права `SELECT`, а для других — `NO`.

36.50. `tables`

Представление `tables` показывает все таблицы и представления, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те таблицы и представления, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.48. Столбцы `tables`

Тип столбца Описание
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу
`table_name sql_identifier` Имя таблицы
`table_type character_data` Тип таблицы: `BASE TABLE` для постоянных базовых таблиц (таблиц обычного типа), `VIEW` для представлений, `FOREIGN` для сторонних таблиц, либо `LOCAL TEMPORARY` для временных таблиц
`self_referencing_column_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`reference_generation character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`user_defined_type_catalog sql_identifier` Если таблица является типизированной, это имя базы данных, содержащей нижележащий тип данных (всегда текущая база), иначе — NULL.
`user_defined_type_schema sql_identifier` Если таблица является типизированной, это имя схемы, содержащей нижележащий тип данных, иначе — NULL.
`user_defined_type_name sql_identifier` Если таблица является типизированной, это имя типа данных, иначе — NULL.
`is_insertable_into yes_or_no` `YES`, если в эту таблицу можно добавлять данные, или `NO` в противном случае (Базовые таблицы всегда допускают добавление данных, но представления — не обязательно.)
`is_typed yes_or_no` `YES`, если эта таблица является типизированной, иначе — `NO`
`commit_action character_data` Ещё не реализовано

36.51. transforms

Представление transforms содержит информацию о трансформациях, определённых в текущей базе данных. Более точно, оно содержит строку для каждой функции, задействованной в трансформации (функцию «из SQL» или «в SQL»).

Таблица 36.49. Столбцы transforms

Тип столбца Описание
udt_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей тип, для которого предназначена трансформация (всегда текущая база)
udt_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей тип, для которого предназначена трансформация
udt_name sql_identifier Имя типа, для которого предназначена трансформация
specific_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей функцию
specific_name sql_identifier «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.
group_name sql_identifier Стандарт SQL позволяет определять «группы» трансформаций и выбирать группу во время выполнения. PostgreSQL это не поддерживает. Вместо этого трансформации привязываются к языкам. В качестве компромисса со стандартом, это поле содержит язык, для которого предназначена трансформация.
transform_type character_data FROM SQL или TO SQL

36.52. triggered_update_columns

Для триггеров в текущей базе данных, установленных для списка столбцов (например, UPDATE OF column1, column2), представление triggered_update_columns показывает эти столбцы. Триггеры, для которых не задаётся список столбцов, в этом представлении не отражаются. В нём показываются только столбцы, доступные текущему пользователю (как владельцу или имеющему некоторые права, кроме SELECT).

Таблица 36.50. Столбцы triggered_update_columns

Тип столбца Описание
trigger_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей триггер (всегда текущая база)
trigger_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей триггер
trigger_name sql_identifier Имя триггера
event_object_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу, для которой определён триггер (всегда текущая база)
event_object_schema sql_identifier

Тип столбца	Описание
	Имя схемы, содержащей таблицу, для которой определён триггер
`event_object_table` `sql_identifier`	Имя таблицы, для которой определён триггер
`event_object_column` `sql_identifier`	Имя столбца, для которого определён триггер

36.53. `triggers`

Представление `triggers` показывает все триггеры, определённые в текущей базе данных для таблиц и представлений, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права, кроме `SELECT`).

Таблица 36.51. Столбцы `triggers`

Тип столбца	Описание
`trigger_catalog` `sql_identifier`	Имя базы данных, содержащей триггер (всегда текущая база)
`trigger_schema` `sql_identifier`	Имя схемы, содержащей триггер
`trigger_name` `sql_identifier`	Имя триггера
`event_manipulation` `character_data`	Событие, вызывающие срабатывание триггера (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`)
`event_object_catalog` `sql_identifier`	Имя базы данных, содержащей таблицу, для которой определён триггер (всегда текущая база)
`event_object_schema` `sql_identifier`	Имя схемы, содержащей таблицу, для которой определён триггер
`event_object_table` `sql_identifier`	Имя таблицы, для которой определён триггер
`action_order` `cardinal_number`	Порядок срабатывания триггеров, имеющих одинаковые свойства `event_manipulation`, `action_timing` и `action_orientation`. В PostgreSQL триггеры срабатывают по порядку их имён, что и отражается в этом столбце.
`action_condition` `character_data`	Условие `WHEN` триггера, либо NULL, если его нет (так же NULL, если таблица не принадлежит текущей активной роли)
`action_statement` `character_data`	Оператор, выполняемый триггером (в настоящее время всегда `EXECUTE FUNCTION` *`функция`*`(...)`)
`action_orientation` `character_data`	Определяет, срабатывает ли триггер для каждой обрабатываемой строки или только для каждого оператора (`ROW` или `STATEMENT`)
`action_timing` `character_data`	Момент срабатывания триггера (`BEFORE` (до), `AFTER` (после) или `INSTEAD OF` (вместо))
`action_reference_old_table` `sql_identifier`	Имя «старой» переходной таблицы либо NULL, если её нет
`action_reference_new_table` `sql_identifier`	

Тип столбца Описание
Имя «новой» переходной таблицы либо NULL, если её нет
`action_reference_old_row sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`action_reference_new_row sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`created time_stamp` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Триггеры в PostgreSQL несовместимы со стандартом в двух аспектах, которые влияют на их представление в информационной схеме. Во-первых, имена триггеров являются локальными для каждой таблицы в PostgreSQL, а не независимыми объектами схемы. Таким образом, в одной схеме могут быть дублирующиеся имена триггеров, если они принадлежат разным таблицам. (Значения `trigger_catalog` и `trigger_schema` на самом деле относятся к таблице, для которой определён триггер.) Во-вторых, триггеры в PostgreSQL могут срабатывать при нескольких событиях (например, `ON INSERT OR UPDATE`), тогда как стандарт SQL допускает только одно событие. Если триггер настроен на несколько событий, он представляется в информационной схеме в виде нескольких строк, по одной для каждого типа события. Вследствие этих двух особенностей, первичный ключ в представлении `triggers` на самом деле `(trigger_catalog, trigger_schema, event_object_table, trigger_name, event_manipulation)`, а не `(trigger_catalog, trigger_schema, trigger_name)`, как должно быть согласно стандарту SQL. Однако если определять триггеры в строгом соответствии со стандартом SQL (чтобы имена триггеров были уникальны в схеме и каждый триггер связывался только с одним событием), это расхождение никак не проявится.

Примечание

До PostgreSQL 9.1 в этом представлении столбцы `action_timing`, `action_reference_old_table`, `action_reference_new_table`, `action_reference_old_row` и `action_reference_new_row` назывались `condition_timing`, `condition_reference_old_table`, `condition_reference_new_table`, `condition_reference_old_row` и `condition_reference_new_row`, соответственно. Старые имена были продиктованы стандартом SQL:1999. Новые имена соответствуют стандарту SQL:2003 и более поздним.

36.54. `udt_privileges`

Представление `udt_privileges` описывает права `USAGE`, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для пользовательских типов. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации типа, праводателя и правообладателя. Это представление показывает только составные типы (почему, говорится в Разделе 36.56); права, затрагивающие домены, описаны в Разделе 36.55.

Таблица 36.52. Столбцы `udt_privileges`

Тип столбца Описание
`grantor sql_identifier` Имя роли, давшей право (праводатель)
`grantee sql_identifier` Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
`udt_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)

Тип столбца Описание
udt_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей тип
udt_name sql_identifier Имя типа
privilege_type character_data Всегда TYPE USAGE
is_grantable yes_or_no YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

36.55. usage_privileges

Представление usage_privileges описывает права USAGE, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для различных типов объектов. В PostgreSQL на данный момент это правила сортировки, домены, обёртки сторонних данных, сторонние серверы и последовательности. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации объекта, праводателя и правообладателя.

Так как с правилами сортировки в PostgreSQL не связаны никакие действующие права, в этом представлении показываются фиктивные права USAGE, якобы назначенные владельцем базы роли PUBLIC для всех правил сортировки. Для других типов объектов, однако, в нём показываются фактические права.

В PostgreSQL для последовательностей могут назначаться права SELECT и UPDATE, в дополнение к USAGE. Но это нестандартные права и поэтому в информационной схеме они не видны.

Таблица 36.53. Столбцы usage_privileges

Тип столбца Описание
grantor sql_identifier Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee sql_identifier Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
object_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей объект (всегда текущая база)
object_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей объект, если это применимо, иначе пустая строка
object_name sql_identifier Имя объекта
object_type character_data COLLATION или DOMAIN или FOREIGN DATA WRAPPER или FOREIGN SERVER или SEQUENCE
privilege_type character_data Всегда USAGE
is_grantable yes_or_no YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

36.56. user_defined_types

Представление user_defined_types в данное время показывает все составные типы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те типы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

SQL знает два вида пользовательских типов: структурные типы (также называются составными типами в PostgreSQL) и отдельные типы (не реализованы в PostgreSQL). Для уверенности в будущем, нужно обратиться к столбцу `user_defined_type_category`, чтобы различить их. Другие пользовательские типы, как например, базовые типы и перечисления, относящиеся к расширениям PostgreSQL, в этом представлении не показываются. О доменах можно узнать в Разделе 36.23.

Таблица 36.54. Столбцы `user_defined_types`

Тип столбца **Описание**
`user_defined_type_catalog` `sql_identifier` Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)
`user_defined_type_schema` `sql_identifier` Имя схемы, содержащей тип
`user_defined_type_name` `sql_identifier` Имя типа
`user_defined_type_category` `character_data` На данный момент всегда `STRUCTURED`
`is_instantiable` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`is_final` `yes_or_no` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ordering_form` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ordering_category` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ordering_routine_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ordering_routine_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ordering_routine_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`reference_type` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`data_type` `character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_maximum_length` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_octet_length` `cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`character_set_name` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`collation_catalog` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`collation_schema` `sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Тип столбца Описание
`collation_name sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`numeric_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`numeric_precision_radix cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`numeric_scale cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`datetime_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`interval_type character_data` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`interval_precision cardinal_number` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`source_dtd_identifier sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
`ref_dtd_identifier sql_identifier` Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

36.57. user_mapping_options

Представление `user_mapping_options` показывает все параметры, заданные для сопоставлений пользователей в текущей базе данных. В нём отражаются только сопоставления пользователей, установленные для сторонних серверов, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.55. Столбцы `user_mapping_options`

Тип столбца Описание
`authorization_identifier sql_identifier` Имя сопоставляемого пользователя, либо `PUBLIC`, если это сопоставление для всех
`foreign_server_catalog sql_identifier` Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер, задействованный в сопоставлении (всегда текущая база)
`foreign_server_name sql_identifier` Имя стороннего сервера, задействованного в сопоставлении
`option_name sql_identifier` Имя параметра
`option_value character_data` Значение параметра. Этот столбец будет содержать не NULL, только если описывается сопоставление текущего пользователя, либо это сопоставление для `PUBLIC`, а текущий пользователь — владелец стороннего сервера или суперпользователь. Данное ограничение введено для защиты информации о пароле, сохранённой в параметрах сопоставления.

36.58. user_mappings

Представление `user_mappings` показывает все сопоставления пользователей, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только сопоставления, установленные для сторонних серверов, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.56. Столбцы user_mappings

Тип столбца Описание
authorization_identifier sql_identifier Имя сопоставляемого пользователя, либо PUBLIC, если это сопоставление для всех
foreign_server_catalog sql_identifier Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер, задействованный в сопоставлении (всегда текущая база)
foreign_server_name sql_identifier Имя стороннего сервера, задействованного в сопоставлении

36.59. view_column_usage

Представление view_column_usage описывает все столбцы, задействованные в выражении запроса представления (операторе SELECT, определяющем представление). Столбец выводится в этом списке, только если содержащая его таблица принадлежит текущей активной роли.

> **Примечание**
>
> Столбцы системных таблиц в этом представлении не отображаются. Это может быть исправлено позже.

Таблица 36.57. Столбцы view_column_usage

Тип столбца Описание
view_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
view_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей представление
view_name sql_identifier Имя представления
table_catalog sql_identifier Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в представлении (всегда текущая база)
table_schema sql_identifier Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в представлении
table_name sql_identifier Имя таблицы со столбцом, задействованным в представлении
column_name sql_identifier Имя столбца, задействованного в представлении

36.60. view_routine_usage

Представление view_routine_usage описывает все подпрограммы (функции и процедуры), используемые в выражении запроса представления (операторе SELECT, определяющем представление). Подпрограмма выводится в этом списке, только если она принадлежит текущей активной роли.

Таблица 36.58. Столбцы `view_routine_usage`

Тип столбца Описание
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей представление
`table_name sql_identifier` Имя представления
`specific_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
`specific_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей функцию
`specific_name sql_identifier` «Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 36.41.

36.61. `view_table_usage`

Представление `view_table_usage` описывает все таблицы, задействованные в выражении запроса представления (операторе `SELECT`, определяющем представление). В этом представлении показываются только таблицы, принадлежащие текущей активной роли.

> ### Примечание
>
> Системные таблицы в этом представлении не отображаются. Это может быть исправлено позже.

Таблица 36.59. Столбцы `view_table_usage`

Тип столбца Описание
`view_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
`view_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей представление
`view_name sql_identifier` Имя представления
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей таблицу, задействованную в представлении (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей таблицу, задействованную в представлении
`table_name sql_identifier` Имя таблицы, задействованной в представлении

36.62. `views`

Представление `views` показывает все представления, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только представления, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 36.60. Столбцы `views`

Тип столбца Описание
`table_catalog sql_identifier` Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
`table_schema sql_identifier` Имя схемы, содержащей представление
`table_name sql_identifier` Имя представления
`view_definition character_data` Выражение запроса, определяющее представление (NULL, если представление не принадлежит текущей активной роли)
`check_option character_data` `CASCADED` или `LOCAL`, если для представления определена характеристика `CHECK OPTION`, и `NONE` в противном случае
`is_updatable yes_or_no` `YES`, если представление допускает изменение (команды `UPDATE` и `DELETE`), или `NO` в противном случае
`is_insertable_into yes_or_no` `YES`, если представление допускает добавление данных (команду `INSERT`), или `NO` в противном случае
`is_trigger_updatable yes_or_no` `YES`, если для представления определён триггер `INSTEAD OF UPDATE`, или `NO` в противном случае
`is_trigger_deletable yes_or_no` `YES`, если для представления определён триггер `INSTEAD OF DELETE`, или `NO` в противном случае
`is_trigger_insertable_into yes_or_no` `YES`, если для представления определён триггер `INSTEAD OF INSERT`, или `NO` в противном случае

Часть V. Серверное программирование

Эта часть документации посвящена расширению функциональности сервера путём реализации собственных функций, типов данных, триггеров и т. д. Это довольно сложные темы, для освоения которых рекомендуется предварительно изучить и понять всю остальную документацию для пользователей PostgreSQL. В последних главах этой части описываются языки программирования на стороне сервера, поддерживаемые дистрибутивом PostgreSQL, и рассматриваются общие вопросы, связанные с программированием на стороне сервера. Но прежде чем погружаться в этот материал, важно изучить предыдущие разделы Главы 37 (где освещаются функции).

Глава 37. Расширение SQL

В следующих разделах мы обсудим, как в PostgreSQL можно расширять язык запросов SQL, добавляя собственные:

- функции (начиная с Раздела 37.3)
- агрегатные функции (начиная с Раздела 37.12)
- типы данных (начиная с Раздела 37.13)
- операторы (начиная с Раздела 37.14)
- классы операторов для индексов (начиная с Раздела 37.16)
- пакеты связанных объектов (начиная с Раздела 37.17)

37.1. Как реализована расширяемость

PostgreSQL является расширяемым благодаря тому, что его работа управляется каталогами. Если вы знакомы с традиционными реляционными системами баз данных, вы знаете, что они хранят информацию о базах, таблицах, столбцах и т. д., в структурах, которые обычно называются системными каталогами. (В некоторых системах они называются словарями данных.) Эти каталоги представляются пользователю в виде таблиц, подобных любым другим, но СУБД ведёт в них свои внутренние записи. Ключевое отличие PostgreSQL от обычных реляционных СУБД состоит в том, что PostgreSQL хранит в этих каталогах намного больше информации: информацию не только о таблицах и столбцах, но также о типах данных, функциях, методах доступа и т. д. Эти таблицы могут быть изменены пользователями, а так как PostgreSQL в своих действиях руководствуется этими таблицами, это означает, что пользователи могут расширять PostgreSQL. Обычные же СУБД можно расширять, только модифицируя жёстко запрограммированные процедуры в исходном коде или загружая модули, специально разработанные производителем СУБД.

Кроме того, сервер PostgreSQL может динамически загружать в свой процесс код, написанный пользователем. То есть, пользователь может подключить файл с объектным кодом (например, разделяемую библиотеку), который реализует новый тип или функцию, а PostgreSQL загрузит его по мере надобности. Код, написанный на SQL, добавляется на сервер ещё проще. Эта способность менять своё поведение «на лету» делает PostgreSQL исключительно подходящим для быстрого прототипирования новых приложений и структур хранения.

37.2. Система типов PostgreSQL

Типы данных PostgreSQL делятся на базовые, типы-контейнеры, составные, доменные и псевдотипы.

37.2.1. Базовые типы

Базовые типы — это типы, такие как `integer`, которые реализуются ниже уровня языка SQL (обычно на низкоуровневом языке, например C). В общих чертах они соответствуют так называемым абстрактным типам данных. PostgreSQL может работать с такими типами только через функции, предоставленные пользователем, и понимать их поведение только в той степени, в какой его опишет пользователь. Встроенные базовые типы описываются в Главе 8.

Типы-перечисления (enum) можно считать подкатегорией базовых типов. Они отличаются от других типов тем, что их можно создавать просто командами SQL, обходясь без низкоуровневого программирования. За подробностями обратитесь к Разделу 8.7.

37.2.2. Типы-контейнеры

В PostgreSQL есть три вида «типов-контейнеров», то есть типов, которые могут содержать в себе несколько значений других типов. Это массивы, составные типы и диапазоны.

Массивы могут содержать множество значений, имеющих один тип. Тип массива автоматически создаётся для каждого базового и составного типа, диапазона и домена, но не для массивов —

массивы массивов не существуют. Для системы типов многомерные массивы не отличаются от одномерных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.15.

Составные типы, или типы строк, образуются при создании любой таблицы. С помощью команды CREATE TYPE также можно определить «независимый» составной тип, не связанный с таблицей. Составной тип представляет собой просто список типов с определёнными именами полей. Значением составного типа является строка таблицы или запись из значений полей. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.16.

Диапазонный тип может содержать два значения одного типа, которые определяют нижнюю и верхнюю границу диапазона. Диапазонные типы создаются пользователем, хотя существует и несколько встроенных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.17.

37.2.3. Домены

Домен основывается на определённом нижележащем типе и во многих аспектах взаимозаменяем с ним. Однако домен может иметь ограничения, уменьшающие множество допустимых для него значений относительно нижележащего типа. Домены создаются SQL-командой CREATE DOMAIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.18.

37.2.4. Псевдотипы

Для специальных целей существует также несколько «псевдотипов». Псевдотипы нельзя задействовать в столбцах таблицы или в типах-контейнерах, но их можно использовать в объявлениях аргументов и результатов функций. Это даёт возможность выделить в системе типов специальные классы функций. Все существующие псевдотипы перечислены в Таблице 8.27.

37.2.5. Полиморфные типы

Особый интерес представляет подмножество псевдотипов, *полиморфные типы*, которые применяются в объявлениях *полиморфных функций*. Используя такие типы, можно объявить всего одну функцию, которая будет работать с разными типами данных, определяя конкретные типы в зависимости от того, значения каких типов были переданы ей при вызове. Полиморфные типы перечислены в Таблице 37.1. Некоторые примеры их использования показаны в Подразделе 37.5.10.

Таблица 37.1. Полиморфные типы

Имя	Семейство	Описание
`anyelement`	Простое	Указывает, что функция принимает любой тип
`anyarray`	Простое	Указывает, что функция принимает любой тип массива
`anynonarray`	Простое	Указывает, что функция принимает любой тип, отличный от массива
`anyenum`	Простое	Указывает, что функция принимает любой тип-перечисление (см. Раздел 8.7)
`anyrange`	Простое	Указывает, что функция принимает любой диапазонный тип (см. Раздел 8.17)
`anycompatible`	Общее	Указывает, что функция принимает любой тип, с автоматическим приведением нескольких аргументов к общему типу
`anycompatiblearray`	Общее	Указывает, что функция принимает любой тип массива, с автоматиче-

Имя	Семейство	Описание
		ским приведением нескольких аргументов к общему типу
anycompatiblenonarray	Общее	Указывает, что функция принимает любой тип, отличный от массива, с автоматическим приведением нескольких аргументов к общему типу
anycompatiblerange	Общее	Указывает, что функция принимает любой диапазонный тип, с автоматическим приведением нескольких аргументов к общему типу

Полиморфные аргументы и результаты связаны друг с другом и сводятся к конкретным типам данным при разборе запроса, вызывающего полиморфную функцию. Когда полиморфных аргументов несколько, фактические типы данных входных значений должны совмещаться, как описано далее. Если тип результата функции полиморфный или у неё имеются выходные параметры полиморфных типов, фактические типы этих результатов выводятся из типов полиморфных входных значений, как описано ниже.

Для «простого» семейства полиморфных типов действуют следующие правила совмещения и выведения типов:

В каждой позиции (в аргументах или возвращаемом значении), объявленной как `anyelement`, может передаваться любой фактический тип данных, но в каждом конкретном вызове все эти фактические типы должны быть *одинаковыми*. Аналогичным образом, в каждой позиции, объявленной как `anyarray`, может передаваться любой тип данных массива, но все фактические типы должны совпадать. Так же и во всех позициях, объявленных как `anyrange`, должен передаваться одинаковый диапазонный тип. Более того, если некоторые позиции объявлены как `anyarray`, а другие как `anyelement`, то фактическим типом в позициях `anyarray` должен быть массив, элементы которого имеют тот же тип, что и значения в позициях `anyelement`. Подобным образом, если одни позиции объявлены как `anyrange`, а другие как `anyelement` или `anyarray`, фактическим типом в позициях `anyrange` должен быть диапазон, подтип которого совпадает с типом элементов в позициях `anyelement` и с типом, передаваемым в позициях `anyarray`. Псевдотип `anynonarray` обрабатывается так же, как `anyelement`, но с дополнительным ограничением — фактический тип не должен быть типом массива. Псевдотип `anyenum` тоже обрабатывается как `anyelement`, но его фактические типы ограничиваются перечислениями.

Таким образом, когда с полиморфным типом объявлено несколько аргументов, в итоге допускаются только определённые комбинации фактических типов. Например, функция, объявленная как `equal(anyelement, anyelement)`, примет в аргументах любые два значения, но только если их типы данных совпадают.

Когда с полиморфным типом объявлено возвращаемое значение функции, так же полиморфным должен быть минимум один аргумент, и фактический тип результата при конкретном вызове определится по типу фактически переданного полиморфного аргумента (или аргументов). Например, если бы отсутствовал механизм обращения к элементам массива, его можно было бы реализовать, создав функцию `subscript(anyarray, integer) returns anyelement`. С таким объявлением первым фактическим аргументом должен быть массив, и из него будет выведен правильный тип результата при разборе запроса. В качестве другого примера можно привести функцию `f(anyarray) returns anyenum`, которая будет принимать только массивы перечислений.

В большинстве случаев при разборе функции фактический тип данных для полиморфного результата может быть выведен из аргументов, имеющих другой полиморфный тип из того же семейства; например, подтип `anyarray` может выводиться из `anyelement` и наоборот. Исключение представляет полиморфный результат типа `anyrange` — для него требуется аргумент типа `anyrange`; вывести его фактический тип из типа аргументов anyarray или anyelement нельзя. Это объясняется тем, что на одном подтипе могут базироваться несколько диапазонных типов.

Заметьте, что anynonarray и anyenum представляют не отдельные типы переменных; это те же типы, что и anyelement, но с дополнительными ограничениями. Например, объявление функции f(anyelement, anyenum) равнозначно объявлению f(anyenum, anyenum): оба фактических аргумента должны быть одинаковыми типами-перечислениями.

Для «общего» семейства полиморфных типов работают примерно та же правила совмещения и выведения типов, что и для «простого» семейства, но есть одно важно отличие: фактические типы аргументов не должны совпадать, если они могут быть неявно приведены к некоторому общему типу. Этот общий тип выбирается по тем же правилам, что применяются в UNION и подобных конструкциях (см. Раздел 10.5). При выборе общего типа учитываются фактические типы аргументов anycompatible и anycompatiblenonarray, типы элементов в аргументах anycompatiblearray и подтипы диапазонов в аргументах anycompatiblerange. Если присутствует тип anycompatiblenonarray, общим типом не должен быть тип массива. После того как общий тип определён, аргументы anycompatible и anycompatiblenonarray автоматически приводятся к этому типу, а аргументы anycompatiblearray приводятся к типу-массиву с элементами этого типа.

Так как выбрать диапазонный тип, зная только его подтип, невозможно, в случае использования anycompatiblerange требуется, чтобы все аргументы, объявленные с этим типом, имели один диапазонный тип, а его подтип согласовывался с выбранным общим типом, что позволяет обойтись без приведения типов для диапазонных значений. Как и anyrange, anycompatiblerange можно применить в качестве типа результата функции, только если у неё имеется аргумент такого же типа (anycompatiblerange).

Заметьте, что типа anycompatibleenum не существует. Такой тип был бы не очень полезным, так как никаких неявных приведений к типам-перечислениям обычно нет, то есть не существует способа найти общий тип для двух различных перечислений.

Полиморфные семейства «простое» и «общее» представляют два независимых набора переменных типов. Рассмотрите, например, объявление:

```
CREATE FUNCTION myfunc(a anyelement, b anyelement,
                       c anycompatible, d anycompatible)
RETURNS anycompatible AS ...
```

Когда эта функция вызывается, первые два аргумента обязательно должны иметь один и тот же тип. Последние два аргумента должны быть приводимыми к общему типу, причём этот тип может не совпадать с типом первых двух аргументов. Этот общий тип станет типом результата.

Функции с переменным числом аргументом (описанные в Подразделе 37.5.5) тоже могут быть полиморфными: для этого их последний параметр описывается как VARIADIC anyarray или VARIADIC anycompatiblearray. Для целей сопоставления аргументов и определения фактического типа результата такая функция представляется так же, как если бы в ней явно объявлялось нужное число параметров anynonarray или anycompatiblenonarray.

37.3. Пользовательские функции

В PostgreSQL представлены функции четырёх видов:

- функции на языке запросов (функции, написанные на SQL) (Раздел 37.5)
- функции на процедурных языках (функции, написанные, например, на PL/pgSQL или PL/Tcl) (Раздел 37.8)
- внутренние функции (Раздел 37.9)
- функции на языке C (Раздел 37.10)

Функции любых видов могут принимать в качестве аргументов (параметров) базовые типы, составные типы или их сочетания. Кроме того, любые функции могут возвращать значения базового или составного типа. Также можно определить функции, возвращающие наборы базовых или составных значений.

Функции многих видов могут также принимать или возвращать определённые псевдотипы (например, полиморфные типы), но доступные средства для работы с ними различаются. За подробностями обратитесь к описанию конкретного вида функций.

Проще всего определить функции на языке SQL, поэтому сначала мы рассмотрим их. Многие концепции, касающиеся функций на SQL, затем распространятся и на другие виды функций.

Изучая эту главу, будет полезно обращаться к странице справки по команде CREATE FUNCTION, чтобы лучше понимать примеры. Некоторые примеры из этой главы можно найти в файлах `funcs.sql` и `funcs.c` в каталоге `src/tutorial` исходного кода PostgreSQL.

37.4. Пользовательские процедуры

Процедура — объект базы данных, подобный функции, но имеющий следующие отличия:

- Процедуры определяются командой CREATE PROCEDURE, а не `CREATE FUNCTION`.
- Процедуры, в отличие от функций, не возвращают значение; поэтому в `CREATE PROCEDURE` отсутствует предложение `RETURNS`. Однако процедуры могут выдавать данные в вызывающий код через выходные параметры.
- Функции вызываются как часть запроса или команды DML, а процедуры вызываются отдельно командой CALL.
- Процедура, в отличие от функции, может фиксировать или откатывать транзакции во время её выполнения (а затем автоматически начинать новую транзакцию), если вызывающая команда `CALL` находится не в явном блоке транзакции.
- Некоторые атрибуты функций (например, `STRICT`) неприменимы к процедурам. Эти атрибуты влияют на вызов функций в запросах и не имеют отношения к процедурам.

В следующих разделах рассказывается о том, как определять пользовательские функции, что также применимо к процедурам, с учётом вышеперечисленных особенностей.

Функции и процедуры в совокупности также называются *подпрограммами*. Существуют команды, такие как ALTER ROUTINE и DROP ROUTINE, которые способны работать и с функциями, и с процедурами, не требуя указания точного вида объекта. Однако заметьте, что команды `CREATE ROUTINE` нет.

37.5. Функции на языке запросов (SQL)

SQL-функции выполняют произвольный список операторов SQL и возвращают результат последнего запроса в списке. В простом случае (не с множеством) будет возвращена первая строка результата последнего запроса. (Помните, что понятие «первая строка» в наборе результатов с несколькими строками определено точно, только если присутствует `ORDER BY`.) Если последний запрос вообще не вернёт строки, будет возвращено значение NULL.

Кроме того, можно объявить SQL-функцию как возвращающую множество (то есть, несколько строк), указав в качестве возвращаемого типа функции `SETOF` *`некий_тип`*, либо объявив её с указанием `RETURNS TABLE(`*`столбцы`*`)`. В этом случае будут возвращены все строки результата последнего запроса. Подробнее это описывается ниже.

Тело SQL-функции должно представлять собой список SQL-операторов, разделённых точкой с запятой. Точка с запятой после последнего оператора может отсутствовать. Если только функция не объявлена как возвращающая `void`, последним оператором должен быть `SELECT`, либо `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с предложением `RETURNING`.

Любой набор команд на языке SQL можно скомпоновать вместе и обозначить как функцию. Помимо запросов `SELECT`, эти команды могут включать запросы, изменяющие данные (`INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`), а также другие SQL-команды. (В SQL-функциях нельзя использовать команды управления транзакциями, например `COMMIT`, `SAVEPOINT`, и некоторые вспомогательные команды, в частности `VACUUM`.) Однако последней командой должна быть `SELECT` или команда с предложением `RETURNING`, возвращающая результат с типом возврата функции. Если же вы хотите определить функцию SQL, выполняющую действия, но не возвращающую полезное значение, вы можете объявить её как возвращающую тип `void`. Например, эта функция удаляет строки с отрицательным жалованьем из таблицы `emp`:

```
CREATE FUNCTION clean_emp() RETURNS void AS '
    DELETE FROM emp
        WHERE salary < 0;
' LANGUAGE SQL;

SELECT clean_emp();

 clean_emp
-----------

(1 row)
```

> **Примечание**
>
> Прежде чем начинается выполнение команд, разбирается всё тело SQL-функции. Когда SQL-функция содержит команды, модифицирующие системные каталоги (например, `CREATE TABLE`), действие таких команд не будет проявляться на стадии анализа последующих команд этой функции. Так, например, команды `CREATE TABLE foo (...); INSERT INTO foo VALUES(...);` не будут работать, как ожидается, если их упаковать в одну SQL-функцию, так как `foo` не будет существовать к моменту разбору команды `INSERT`. В подобных ситуациях вместо SQL-функции рекомендуется использовать PL/pgSQL.

Синтаксис команды `CREATE FUNCTION` требует, чтобы тело функции было записано как строковая константа. Обычно для этого удобнее всего заключать строковую константу в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4). Если вы решите использовать обычный синтаксис с заключением строки в апострофы, вам придётся дублировать апострофы (`'`) и обратную косую черту (`\`) (предполагается синтаксис спецпоследовательностей) в теле функции (см. Подраздел 4.1.2.1).

37.5.1. Аргументы SQL-функций

К аргументам SQL-функции можно обращаться в теле функции по именам или номерам. Ниже приведены примеры обоих вариантов.

Чтобы использовать имя, объявите аргумент функции как именованный, а затем просто пишите это имя в теле функции. Если имя аргумента совпадает с именем какого-либо столбца в текущей SQL-команде внутри функции, имя столбца будет иметь приоритет. Чтобы всё же перекрыть имя столбца, дополните имя аргумента именем самой функции, то есть запишите его в виде *имя_функции*.*имя_аргумента*. (Если и это имя будет конфликтовать с полным именем столбца, снова выиграет имя столбца. Неоднозначности в этом случае вы можете избежать, выбрав другой псевдоним для таблицы в SQL-команде.)

Старый подход с нумерацией позволяет обращаться к аргументам, применяя запись `$`*n*: `$1` обозначает первый аргумент, `$2` — второй и т. д. Это будет работать и в том случае, если данному аргументу назначено имя.

Если аргумент имеет составной тип, то для обращения к его атрибутам можно использовать запись с точкой, например: *аргумент*`.`*поле* или `$1.`*поле*. И опять же, при этом может потребоваться дополнить имя аргумента именем функции, чтобы сделать имя аргумента однозначным.

Аргументы SQL-функции могут использоваться только как значения данных, но не как идентификаторы. Например, это приемлемо:

```
INSERT INTO mytable VALUES ($1);
```

а это не будет работать:

```
INSERT INTO $1 VALUES (42);
```

> **Примечание**
>
> Возможность обращаться к аргументам SQL-функций по именам появилась в PostgreSQL 9.2. В функциях, которые должны работать со старыми серверами, необходимо применять запись `$n`.

37.5.2. Функции SQL с базовыми типами

Простейшая возможная функция SQL не имеет аргументов и просто возвращает базовый тип, например `integer`:

```
CREATE FUNCTION one() RETURNS integer AS $$
    SELECT 1 AS result;
$$ LANGUAGE SQL;

-- Альтернативная запись строковой константы:
CREATE FUNCTION one() RETURNS integer AS '
    SELECT 1 AS result;
' LANGUAGE SQL;

SELECT one();

 one
-----
   1
```

Заметьте, что мы определили псевдоним столбца в теле функции для её результата (дали ему имя `result`), но этот псевдоним не виден снаружи функции. Вследствие этого, столбец результата получил имя `one`, а не `result`.

Практически так же легко определяются функции SQL, которые принимают в аргументах базовые типы:

```
CREATE FUNCTION add_em(x integer, y integer) RETURNS integer AS $$
    SELECT x + y;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT add_em(1, 2) AS answer;

 answer
--------
      3
```

Мы также можем отказаться от имён аргументов и обращаться к ним по номерам:

```
CREATE FUNCTION add_em(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    SELECT $1 + $2;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT add_em(1, 2) AS answer;

 answer
--------
      3
```

Вот более полезная функция, которую можно использовать, чтобы дебетовать банковский счёт:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
    UPDATE bank
        SET balance = balance - debit
        WHERE accountno = tf1.accountno;
    SELECT 1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Пользователь может выполнить эту функцию, чтобы дебетовать счёт 17 на 100 долларов, так:

```
SELECT tf1(17, 100.0);
```

В этом примере мы выбрали имя `accountno` для первого аргумента, но это же имя имеет столбец в таблице `bank`. В команде `UPDATE` имя `accountno` относится к столбцу `bank.accountno`, так для обращения к аргументу нужно записать `tf1.accountno`. Конечно, мы могли бы избежать этого, выбрав другое имя для аргумента.

На практике обычно желательно получать от функции более полезный результат, чем константу 1, поэтому более реалистично такое определение:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
    UPDATE bank
        SET balance = balance - debit
        WHERE accountno = tf1.accountno;
    SELECT balance FROM bank WHERE accountno = tf1.accountno;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Эта функция изменяет баланс и возвращает полученное значение. То же самое можно сделать в одной команде, применив `RETURNING`:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
    UPDATE bank
        SET balance = balance - debit
        WHERE accountno = tf1.accountno
    RETURNING balance;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Если последняя команда `SELECT` или `RETURNING` в SQL-функции возвращает не в точности объявленный тип результата, PostgreSQL автоматически приведёт возвращаемое значение к нужному типу, если это возможно с применением приведения присваивания или неявным образом. В противном случае вы должны применить явное приведение. Например, предположим, что мы захотели изменить возвращаемый тип в предыдущей функции `add_em` на `float8`. Это можно сделать так:

```
CREATE FUNCTION add_em(integer, integer) RETURNS float8 AS $$
    SELECT $1 + $2;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Сумма типа `integer` может быть неявно приведена к типу `float8`, поэтому достаточно сменить только тип результата. (Подробнее о приведениях говорится в Главе 10 и описании CREATE CAST.)

37.5.3. Функции SQL с составными типами

В функциях с аргументами составных типов мы должны указывать не только, какой аргумент, но и какой атрибут (поле) этого аргумента нам нужен. Например, предположим, что `emp` — таблица, содержащая данные работников, и это же имя составного типа, представляющего каждую строку таблицы. Следующая функция `double_salary` вычисляет, каким было бы чьё-либо жалование в случае увеличения вдвое:

```
CREATE TABLE emp (
    name        text,
    salary      numeric,
    age         integer,
    cubicle     point
);

INSERT INTO emp VALUES ('Bill', 4200, 45, '(2,1)');

CREATE FUNCTION double_salary(emp) RETURNS numeric AS $$
    SELECT $1.salary * 2 AS salary;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT name, double_salary(emp.*) AS dream
    FROM emp
    WHERE emp.cubicle ~= point '(2,1)';

 name | dream
------+-------
 Bill |  8400
```

Обратите внимание на запись `$1.salary` позволяющую выбрать одно поле из значения строки аргумента. Также заметьте, что в вызывающей команде `SELECT` указание *`имя_таблицы`*`.*` выбирает всю текущую строку таблицы как составное значение. На строку таблицы можно сослаться и просто по имени таблицы, например так:

```
SELECT name, double_salary(emp) AS dream
    FROM emp
    WHERE emp.cubicle ~= point '(2,1)';
```

Однако это использование считается устаревшим, так как провоцирует путаницу. (Подробнее эти две записи составных значений строки таблицы описаны в Подразделе 8.16.5.)

Иногда бывает удобно образовать составное значение аргумента на лету. Это позволяет сделать конструкция `ROW`. Например, так можно изменить данные, передаваемые функции:

```
SELECT name, double_salary(ROW(name, salary*1.1, age, cubicle)) AS dream
    FROM emp;
```

Также возможно создать функцию, возвращающую составной тип. Например, эта функция возвращает одну строку `emp`:

```
CREATE FUNCTION new_emp() RETURNS emp AS $$
    SELECT text 'None' AS name,
        1000.0 AS salary,
        25 AS age,
        point '(2,2)' AS cubicle;
$$ LANGUAGE SQL;
```

В этом примере мы задали для каждого атрибута постоянное значение, но вместо этих констант можно подставить любые вычисления.

Учтите два важных требования относительно определения функции:

- Порядок в списке выборки внутреннего запроса должен в точности совпадать с порядком следования столбцов в составном типе. (Имена столбцов, как показывает пример выше, для системы значения не имеют.)

- Необходимо сделать так, чтобы каждое выражение могло приводиться к типу соответствующего столбца составного типа. В противном случае вы получите такие ошибки:

  ```
  ERROR:  return type mismatch in function declared to return emp
  DETAIL:  Final statement returns text instead of point at column 4.
  ```

  (ОШИБКА: несовпадение типа возврата в функции (в объявлении указан тип emp); ПОДРОБНОСТИ: Последний оператор возвращает text вместо point для столбца 4.) Как и в случае с базовыми типами, никакие явные приведения автоматически не добавляются, возможны только приведения присваивания или неявные.

Ту же функцию можно определить другим способом:

```
CREATE FUNCTION new_emp() RETURNS emp AS $$
    SELECT ROW('None', 1000.0, 25, '(2,2)')::emp;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Здесь мы записали `SELECT`, который возвращает один столбец нужного составного типа. В данной ситуации этот вариант на самом деле не лучше, но в некоторых случаях он может быть удобной альтернативой — например, если нам нужно вычислить результат, вызывая другую функцию, которая возвращает нужное составное значение. Этот вариант полезен и в случае, когда мы хотим написать функцию, которая возвращает не обычный составной тип, а домен, определённый поверх составного типа; тогда она в любом случае должна определяться как возвращающая единственный столбец, так как никакого способа осуществить нужное приведение для всей строки результата нет.

Мы можем вызывать эту функцию напрямую, либо указав её в выражении значения:

```
SELECT new_emp();

         new_emp
--------------------------
 (None,1000.0,25,"(2,2)")
```

либо обратившись к ней, как к табличной функции:

```
SELECT * FROM new_emp();

 name | salary | age | cubicle
------+--------+-----+---------
 None | 1000.0 |  25 | (2,2)
```

Второй способ более подробно описан в Подразделе 37.5.7.

Когда используется функция, возвращающая составной тип, может возникнуть желание получить из её результата только одно поле (атрибут). Это можно сделать, применяя такую запись:

```
SELECT (new_emp()).name;

 name
------
 None
```

Дополнительные скобки необходимы во избежание неоднозначности при разборе запроса. Если вы попытаетесь выполнить запрос без них, вы получите ошибку:

```
SELECT new_emp().name;
ERROR:  syntax error at or near "."
LINE 1: SELECT new_emp().name;
                        ^
```

(ОШИБКА: синтаксическая ошибка (примерное положение: "."))

Функциональную запись также можно использовать и для извлечения атрибутов:

```
SELECT name(new_emp());

 name
------
 None
```

Как рассказывалось в Подразделе 8.16.5, запись с указанием поля и функциональная запись являются равнозначными.

Ещё один вариант использования функции, возвращающей составной тип, заключается в передаче её результата другой функции, которая принимает этот тип строки на вход:

```
CREATE FUNCTION getname(emp) RETURNS text AS $$
    SELECT $1.name;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT getname(new_emp());
 getname
---------
 None
(1 row)
```

37.5.4. Функции SQL с выходными параметрами

Альтернативный способ описать результаты функции — определить её с *выходными параметрами*, как в этом примере:

```
CREATE FUNCTION add_em (IN x int, IN y int, OUT sum int)
AS 'SELECT x + y'
LANGUAGE SQL;

SELECT add_em(3,7);
 add_em
--------
     10
(1 row)
```

Это по сути не отличается от версии `add_em`, показанной в Подразделе 37.5.2. Действительная ценность выходных параметров в том, что они позволяют удобным способом определить функции, возвращающие несколько столбцов. Например:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product (x int, y int, OUT sum int, OUT product int)
AS 'SELECT x + y, x * y'
LANGUAGE SQL;

 SELECT * FROM sum_n_product(11,42);
 sum | product
-----+---------
  53 |     462
(1 row)
```

Фактически здесь мы определили анонимный составной тип для результата функции. Показанный выше пример даёт тот же конечный результат, что и команды:

```
CREATE TYPE sum_prod AS (sum int, product int);

CREATE FUNCTION sum_n_product (int, int) RETURNS sum_prod
AS 'SELECT $1 + $2, $1 * $2'
LANGUAGE SQL;
```

Но предыдущий вариант зачастую удобнее, так как он не требует отдельно заниматься определением составного типа. Заметьте, что имена, назначаемые выходным параметрам, не просто декоративные, а определяют имена столбцов анонимного составного типа. (Если вы опустите имя выходного параметра, система выберет имя сама.)

Заметьте, что выходные параметры не включаются в список аргументов при вызове такой функции из SQL. Это объясняется тем, что PostgreSQL определяет сигнатуру вызова функции, рассматривая только входные параметры. Это также значит, что при таких операциях, как удаление функции, в ссылках на функцию учитываются только типы входных параметров. Таким образом, удалить эту конкретную функцию можно любой из этих команд:

```
DROP FUNCTION sum_n_product (x int, y int, OUT sum int, OUT product int);
DROP FUNCTION sum_n_product (int, int);
```

Параметры функции могут быть объявлены как `IN` (по умолчанию), `OUT`, `INOUT` или `VARIADIC`. Параметр `INOUT` действует как входной (является частью списка аргументов при вызове) и как выходной (часть типа записи результата). Параметры `VARIADIC` являются входными, но обрабатывается специальным образом, как описано далее.

37.5.5. Функции SQL с переменным числом аргументов

Функции SQL могут быть объявлены как принимающие переменное число аргументов, с условием, что все «необязательные» аргументы имеют один тип данных. Необязательные аргументы будут переданы такой функции в виде массива. Для этого в объявлении функции последний параметр помечается как `VARIADIC`; при этом он должен иметь тип массива. Например:

```
CREATE FUNCTION mleast(VARIADIC arr numeric[]) RETURNS numeric AS $$
    SELECT min($1[i]) FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT mleast(10, -1, 5, 4.4);
 mleast
--------
     -1
(1 row)
```

По сути, все фактические аргументы, начиная с позиции `VARIADIC`, собираются в одномерный массив, как если бы вы написали

```
SELECT mleast(ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);    -- это не будет работать
```

На самом деле так вызвать эту функцию нельзя, или, по крайней мере, это не будет соответствовать определению функции. Параметру `VARIADIC` соответствуют одно или несколько вхождений типа его элемента, но не его собственного типа.

Но иногда бывает полезно передать функции с переменными параметрами уже подготовленный массив; особенно когда одна функция с переменными параметрами хочет передавать свой массив параметров другой. Также это более безопасный способ вызывать такую функцию, существующую в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи; см. Раздел 10.3. Это можно сделать, добавив `VARIADIC` в вызов:

```
SELECT mleast(VARIADIC ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

Это предотвращает разворачивание переменного множества параметров функции в базовый тип, что позволяет сопоставить с ним значение типа массива. `VARIADIC` можно добавить только к последнему фактическому аргументу вызова функции.

Также указание `VARIADIC` даёт единственную возможность передать пустой массив функции с переменными параметрами, например, так:

```
SELECT mleast(VARIADIC ARRAY[]::numeric[]);
```

Простой вызов `SELECT mleast()` не будет работать, так как переменным параметрам должен соответствовать минимум один фактический аргумент. (Можно определить вторую функцию с таким же именем `mleast`, но без параметров, если вы хотите выполнять такие вызовы.)

Элементы массива, создаваемые из переменных параметров, считаются не имеющими собственных имён. Это означает, что передать функции с переменными параметрами именованные аргументы нельзя (см. Раздел 4.3), если только при вызове не добавлено `VARIADIC`. Например, этот вариант будет работать:

```
SELECT mleast(VARIADIC arr => ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

А эти варианты нет:

```
SELECT mleast(arr => 10);
SELECT mleast(arr => ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

37.5.6. Функции SQL со значениями аргументов по умолчанию

Функции могут быть объявлены со значениями по умолчанию для некоторых или всех входных аргументов. Значения по умолчанию подставляются, когда функция вызывается с недостаточным количеством фактических аргументов. Так как аргументы можно опускать только с конца списка фактических аргументов, все параметры после параметра со значением по умолчанию также получат значения по умолчанию. (Хотя запись с именованными аргументами могла бы ослабить это ограничение, оно всё же остаётся в силе, чтобы позиционные ссылки на аргументы оставались действительными.) Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует осторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3.

Например:

```
CREATE FUNCTION foo(a int, b int DEFAULT 2, c int DEFAULT 3)
RETURNS int
LANGUAGE SQL
AS $$
    SELECT $1 + $2 + $3;
$$;

SELECT foo(10, 20, 30);
 foo
-----
  60
(1 row)

SELECT foo(10, 20);
 foo
-----
  33
(1 row)

SELECT foo(10);
 foo
-----
  15
(1 row)

SELECT foo();  -- не работает из-за отсутствия значения по умолчанию для первого
 аргумента
ERROR:  function foo() does not exist
```

(ОШИБКА: функция foo() не существует) Вместо ключевого слова `DEFAULT` можно использовать знак =.

37.5.7. Функции SQL, порождающие таблицы

Все функции SQL можно использовать в предложении `FROM` запросов, но наиболее полезно это для функций, возвращающих составные типы. Если функция объявлена как возвращающая базовый тип, она возвращает таблицу с одним столбцом. Если же функция объявлена как возвращающая составной тип, она возвращает таблицу со столбцами для каждого атрибута составного типа.

Например:

```
CREATE TABLE foo (fooid int, foosubid int, fooname text);
INSERT INTO foo VALUES (1, 1, 'Joe');
INSERT INTO foo VALUES (1, 2, 'Ed');
INSERT INTO foo VALUES (2, 1, 'Mary');

CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS foo AS $$
    SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT *, upper(fooname) FROM getfoo(1) AS t1;

 fooid | foosubid | fooname | upper
-------+----------+---------+-------
     1 |        1 | Joe     | JOE
(1 row)
```

Как показывает этот пример, мы можем работать со столбцами результата функции так же, как если бы это были столбцы обычной таблицы.

Заметьте, что мы получаем из данной функции только одну строку. Это объясняется тем, что мы не использовали указание `SETOF`. Оно описывается в следующем разделе.

37.5.8. Функции SQL, возвращающие множества

Когда SQL-функция объявляется как возвращающая `SETOF` *`некий_тип`*, конечный запрос функции выполняется до завершения и каждая строка выводится как элемент результирующего множества.

Это обычно используется, когда функция вызывается в предложении `FROM`. В этом случае каждая строка, возвращаемая функцией, становится строкой таблицы, появляющейся в запросе. Например, в предположении, что таблица `foo` имеет то же содержимое, что и раньше, мы выполняем:

```
CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS SETOF foo AS $$
    SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM getfoo(1) AS t1;
```

Тогда в ответ мы получим:

```
 fooid | foosubid | fooname
-------+----------+---------
     1 |        1 | Joe
     1 |        2 | Ed
(2 rows)
```

Также возможно выдать несколько строк со столбцами, определяемыми выходными параметрами, следующим образом:

```
CREATE TABLE tab (y int, z int);
INSERT INTO tab VALUES (1, 2), (3, 4), (5, 6), (7, 8);

CREATE FUNCTION sum_n_product_with_tab (x int, OUT sum int, OUT product int)
```

```
RETURNS SETOF record
AS $$
    SELECT $1 + tab.y, $1 * tab.y FROM tab;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM sum_n_product_with_tab(10);
 sum | product
-----+---------
  11 |      10
  13 |      30
  15 |      50
  17 |      70
(4 rows)
```

Здесь ключевая особенность заключается в записи `RETURNS SETOF record`, показывающей, что функция возвращает множество строк вместо одной. Если существует только один выходной параметр, укажите тип этого параметра вместо `record`.

Часто бывает полезно сконструировать результат запроса, вызывая функцию, возвращающую множество, несколько раз, передавая при каждом вызове параметры из очередных строк таблицы или подзапроса. Для этого рекомендуется применить ключевое слово `LATERAL`, описываемое в Подразделе 7.2.1.5. Ниже приведён пример использования функции, возвращающей множество, для перечисления элементов древовидной структуры:

```
SELECT * FROM nodes;
   name    | parent
-----------+--------
 Top       |
 Child1    | Top
 Child2    | Top
 Child3    | Top
 SubChild1 | Child1
 SubChild2 | Child1
(6 rows)

CREATE FUNCTION listchildren(text) RETURNS SETOF text AS $$
    SELECT name FROM nodes WHERE parent = $1
$$ LANGUAGE SQL STABLE;

SELECT * FROM listchildren('Top');
 listchildren
--------------
 Child1
 Child2
 Child3
(3 rows)

SELECT name, child FROM nodes, LATERAL listchildren(name) AS child;
  name  |   child
--------+-----------
 Top    | Child1
 Top    | Child2
 Top    | Child3
 Child1 | SubChild1
 Child1 | SubChild2
(5 rows)
```

В этом примере не делается ничего такого, что мы не могли бы сделать, применив простое соединение, но для более сложных вычислений возможность поместить некоторую логику в функцию может быть весьма удобной.

Функции, возвращающие множества, могут также вызываться в списке выборки запроса. Для каждой строки, которая генерируется самим запросом, вызывается функция, возвращающая множество, и для каждого элемента набора её результатов генерируется отдельная строка. Предыдущий пример можно было бы также переписать с применением запросов следующим образом:

```
SELECT listchildren('Top');
 listchildren
--------------
 Child1
 Child2
 Child3
(3 rows)

SELECT name, listchildren(name) FROM nodes;
  name  | listchildren
--------+--------------
 Top    | Child1
 Top    | Child2
 Top    | Child3
 Child1 | SubChild1
 Child1 | SubChild2
(5 rows)
```

Заметьте, что в последней команде `SELECT` для `Child2`, `Child3` и т. д. строки не выдаются. Это происходит потому, что `listchildren` возвращает пустое множество для этих аргументов, так что строки результата не генерируются. Это же поведение мы получаем при внутреннем соединении с результатом функции с применением `LATERAL`.

Поведение PostgreSQL с функциями, возвращающими множества, в списке выборки запроса практически не отличается от поведения с такими функциями, помещёнными в предложение `LATERAL FROM`. Например, запрос:

```
SELECT x, generate_series(1,5) AS g FROM tab;
```

почти равнозначен

```
SELECT x, g FROM tab, LATERAL generate_series(1,5) AS g;
```

Он мог быть полностью идентичным, но в данном конкретном примере планировщик может решить перенести `g` во внешнюю сторону соединения, так как `g` не имеет фактической зависимости по времени вычисления от `tab`. Такое решение привело бы к изменению порядка строк. Функции, возвращающие множества, в списке выборки всегда вычисляются так, как они вычислялись бы внутри соединения с вложенным циклом с остальным предложением `FROM`, так что эти функции выполняются до завершения прежде чем начинается рассмотрение следующей строки из предложения `FROM`.

Если в списке выборки запроса используются несколько функций, возвращающих запросы, они вычисляются примерно так же, как если бы они были помещены в один элемент `LATERAL ROWS FROM( ... )` предложения `FROM`. Для каждой строки из нижележащего запроса выдаётся строка с первым результатом каждой функции, а затем строка со вторым результатом и так далее. Если какие-либо из функций, возвращающих множества, выдают меньше результатов, чем другие, то вместо недостающих данных подставляются значения NULL, так что общее число строк, выдаваемых для одной нижележащей строки, равно числу строк, которое выдаёт функция с наибольшим количеством строк в возвращаемом множестве. Таким образом, функции, возвращающие множества, выполняются совместно, пока все их множества не будут исчерпаны, а затем выполнение продолжается со следующей нижележащей строкой.

Функции, возвращающие множества, могут быть вложенными в списке выборки, но это не допускается в элементах предложения `FROM`. В таких случаях каждый уровень вложенности обрабатывается отдельно, как если бы это был отдельный элемент `LATERAL ROWS FROM( ... )`. Например, в

```
SELECT srf1(srf2(x), srf3(y)), srf4(srf5(z)) FROM tab;
```

возвращающие множества функции `srf2`, `srf3` и `srf5` будут выполняться совместно для каждой строки `tab`, а затем `srf1` и `srf4` будут совместно применяться к каждой строке, произведённой нижними функциями.

Функции, возвращающие множества, нельзя использовать в конструкциях, вычисляемых по условию, например, `CASE` или `COALESCE`. Например, рассмотрите запрос

```
SELECT x, CASE WHEN x > 0 THEN generate_series(1, 5) ELSE 0 END FROM tab;
```

Может показаться, что он должен выдать пять экземпляров входных строк, в которых `x > 0`, и по одному экземпляру остальных строк; но на деле, так как `generate_series(1, 5)` будет выполняться в неявном элементе `LATERAL FROM` до того, как выражение `CASE` вообще будет рассматриваться, должно было бы выдаваться пять экземпляров абсолютно всех выходных строк. Во избежание путаницы в таких случаях выдаётся ошибка при разборе запроса.

Примечание

Если последняя команда функции — `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с `RETURNING`, эта команда будет всегда выполняться до завершения, даже если функция не объявлена с указанием `SETOF` или вызывающий запрос не выбирает все строки результата. Все дополнительные строки, выданные предложением `RETURNING`, просто игнорируются, но соответствующие изменения в таблице всё равно произойдут (и будут завершены до выхода из функции).

Примечание

В PostgreSQL до версии 10 при помещении нескольких функций, возвращающих множества, в один список выборки поведение было не очень разумным, если они возвращали не одинаковое число строк. В таких случаях число выходных строк равнялось наименьшему общему множителю количеств строк, возвращаемых этими функциями. Также и вложенные функции, возвращающие множества, работали не так, как описано выше; у такой функции мог быть максимум один аргумент, возвращающий множество, и каждая вложенность вычислялась независимо. Кроме того, ранее допускалось и условное выполнение (вычисление таких функций внутри `CASE` и т. п.), что ещё больше всё усложняло. При написании запросов, которые должны работать и со старыми версиями PostgreSQL, рекомендуется использовать синтаксис `LATERAL`, так как это гарантирует одинаковый результат с разными версиями. Если в вашем запросе используется условное вычисление функции, возвращающей множество, его можно исправить, переместив проверку условия в специально созданную функцию, возвращающую множество. Например:

```
SELECT x, CASE WHEN y > 0 THEN generate_series(1, z) ELSE 5 END FROM tab;
```

можно заменить на

```
CREATE FUNCTION case_generate_series(cond bool, start int, fin int, els int)
  RETURNS SETOF int AS $$
BEGIN
  IF cond THEN
    RETURN QUERY SELECT generate_series(start, fin);
  ELSE
    RETURN QUERY SELECT els;
  END IF;
END$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT x, case_generate_series(y > 0, 1, z, 5) FROM tab;
```

Это будет работать одинаково во всех версиях PostgreSQL.

37.5.9. Функции SQL, возвращающие таблицы (TABLE)

Есть ещё один способ объявить функцию, возвращающую множества, — использовать синтаксис RETURNS TABLE(*столбцы*). Это равнозначно использованию одного или нескольких параметров OUT с объявлением функции как возвращающей SETOF record (или SETOF тип единственного параметра, если это применимо). Этот синтаксис описан в последних версиях стандарта SQL, так что этот вариант может быть более портируемым, чем SETOF.

Например, предыдущий пример с суммой и произведением можно также переписать так:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product_with_tab (x int)
RETURNS TABLE(sum int, product int) AS $$
    SELECT $1 + tab.y, $1 * tab.y FROM tab;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Запись RETURNS TABLE не позволяет явно указывать OUT и INOUT для параметров — все выходные столбцы необходимо записать в списке TABLE.

37.5.10. Полиморфные функции SQL

Функции SQL могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы, описанные в Подразделе 37.2.5. В следующем примере полиморфная функция make_array создаёт массив из двух элементов произвольных типов:

```
CREATE FUNCTION make_array(anyelement, anyelement) RETURNS anyarray AS $$
    SELECT ARRAY[$1, $2];
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT make_array(1, 2) AS intarray, make_array('a'::text, 'b') AS textarray;
 intarray | textarray
----------+-----------
 {1,2}    | {a,b}
(1 row)
```

Обратите внимание на приведение типа 'a'::text, определяющее, что аргумент имеет тип text. Оно необходимо, если аргумент задаётся просто строковой константой, так как иначе он будет воспринят как имеющий тип unknown, а массив типов unknown является недопустимым. Без этого приведения вы получите такую ошибку:

```
ERROR:  could not determine polymorphic type because input has type unknown
```

(ОШИБКА: не удалось определить полиморфный тип, так как входные аргументы имеют тип unknown)

С показанным выше объявлением make_array этой функции нужно предоставить два аргумента, имеющих один и тот же тип данных; система не будет пытаться совмещать различные типы. Так, например, следующий вызов не будет работать:

```
SELECT make_array(1, 2.5) AS numericarray;
ERROR:  function make_array(integer, numeric) does not exist
```

(ОШИБКА: функция make_array(integer, numeric) не существует) Альтернативный подход заключается в использовании «общего» семейства полиморфных типов; в этом случае система попытается найти подходящий общий тип:

```
CREATE FUNCTION make_array2(anycompatible, anycompatible)
RETURNS anycompatiblearray AS $$
    SELECT ARRAY[$1, $2];
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT make_array2(1, 2.5) AS numericarray;
```

```
 numericarray
--------------
 {1,2.5}
(1 row)
```

Так как правила нахождения общего типа по умолчанию сводятся к выбору типа `text`, когда все аргументы имеют неизвестные типы, работать будет и следующий вызов:

```
SELECT make_array2('a', 'b') AS textarray;
 textarray
-----------
 {a,b}
(1 row)
```

Функция с полиморфными аргументами может иметь фиксированный тип результата, однако обратное не допускается. Например:

```
CREATE FUNCTION is_greater(anyelement, anyelement) RETURNS boolean AS $$
    SELECT $1 > $2;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT is_greater(1, 2);
 is_greater
------------
 f
(1 row)

CREATE FUNCTION invalid_func() RETURNS anyelement AS $$
    SELECT 1;
$$ LANGUAGE SQL;
ERROR:  cannot determine result data type
DETAIL:  A result of type anyelement requires at least one input of type anyelement,
 anyarray, anynonarray, anyenum, or anyrange.
```

(ОШИБКА: не удалось определить тип результата; ПОДРОБНОСТИ: Для результата типа anyelement требуется минимум один аргумент типа anyelement, anyarray, anynonarray, anyenum или anyrange.)

Полиморфизм можно применять и с функциями, имеющими выходные аргументы. Например:

```
CREATE FUNCTION dup (f1 anyelement, OUT f2 anyelement, OUT f3 anyarray)
AS 'select $1, array[$1,$1]' LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM dup(22);
 f2 |   f3
----+---------
 22 | {22,22}
(1 row)
```

Полиморфизм также можно применять с функциями с переменными параметрами. Например:

```
CREATE FUNCTION anyleast (VARIADIC anyarray) RETURNS anyelement AS $$
    SELECT min($1[i]) FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT anyleast(10, -1, 5, 4);
 anyleast
----------
       -1
(1 row)
```

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'def');
 anyleast
----------
 abc
(1 row)

CREATE FUNCTION concat_values(text, VARIADIC anyarray) RETURNS text AS $$
    SELECT array_to_string($2, $1);
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT concat_values('|', 1, 4, 2);
 concat_values
---------------
 1|4|2
(1 row)
```

37.5.11. Функции SQL с правилами сортировки

Когда функция SQL принимает один или несколько параметров сортируемых типов данных, правило сортировки определяется при каждом вызове функции, в зависимости от правил сортировки, связанных с фактическими аргументами, как описано в Разделе 23.2. Если правило сортировки определено успешно (то есть не возникло конфликтов между неявно установленными правилами сортировки аргументов), оно неявно назначается для всех сортируемых параметров. Выбранное правило будет определять поведение операций, связанных с сортировкой, в данной функции. Например, для показанной выше функции `anyleast`, результат

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'ABC');
```

будет зависеть от правила сортировки по умолчанию, заданного в базе данных. С локалью `C` результатом будет строка `ABC`, но со многими другими локалями это будет `abc`. Нужное правило сортировки можно установить принудительно, добавив предложение `COLLATE` к одному из аргументов функции, например:

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'ABC' COLLATE "C");
```

С другой стороны, если вы хотите, чтобы функция работала с определённым правилом сортировки, вне зависимости от того, с каким она была вызвана, вставьте предложения `COLLATE` где требуется в определении функции. Эта версия `anyleast` всегда будет сравнивать строки по правилам локали `en_US`:

```
CREATE FUNCTION anyleast (VARIADIC anyarray) RETURNS anyelement AS $$
    SELECT min($1[i] COLLATE "en_US") FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;
```

Но заметьте, что при попытке применить правило к несортируемому типу данных, возникнет ошибка.

Если для фактических аргументов не удаётся определить общее правило сортировки, функция SQL считает, что им назначено правило сортировки по умолчанию для их типа данных (обычно это то же правило сортировки, что определено по умолчанию для базы данных, но оно может быть и другим для параметров доменных типов).

Поведение сортируемых параметров можно воспринимать как ограниченную форму полиморфизма, применимую только к текстовым типам данных.

37.6. Перегрузка функций

Вы можете определить несколько функций с одним именем SQL, если эти функции будут принимать разные аргументы. Другими словами, имена функций можно *перегружать*. Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует предосторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3. Когда выполняется запрос, сервер определяет, какую именно функцию вызывать, по количеству и типам представленных аргументов. Перегрузка может быть полезна для имитации функций с переменным количеством аргументов, до какого-то конечного числа.

Создавая семейство перегруженных функций, необходимо не допускать неоднозначности. Например, если созданы функции:

```
CREATE FUNCTION test(int, real) RETURNS ...
CREATE FUNCTION test(smallint, double precision) RETURNS ...
```

не вполне понятно, какая функция будет вызвана с довольно простыми аргументами вроде `test(1, 1.5)`. Реализованные в данный момент правила разрешения типов описаны в Главе 10, но разрабатывать систему, которая будет незаметно полагаться на такие особенности, неразумно.

Функции, принимающей один аргумент составного типа, обычно не следует давать имя, совпадающее с именем какого-либо атрибута (поля) этого типа. Вспомните, что запись *атрибут*(*таблица*) считается равнозначной *таблица*.*атрибут*. В случае, когда возникает неоднозначность между функцией, принимающей составной тип, и атрибутом составного типа, всегда будет выбираться атрибут. Этот выбор можно переопределить, дополнив имя функции схемой (то есть, записав *схема*.*функция*(*таблица*)), но лучше избежать этой проблемы, подобрав разные имена.

Другой тип конфликта возможен между обычными функциями и функциями с переменными параметрами. Например, можно создать функции `foo(numeric)` и `foo(VARIADIC numeric[])`. В этом случае будет непонятно, какая функция должна выбираться при передаче одного числового аргумента, например `foo(10.1)`. При разрешении этого конфликта предпочтение отдаётся функции, найденной первой по пути поиска, либо, если две функции находятся в одной схеме, выбирается функция с постоянными аргументами.

При перегрузке функций на языке C есть дополнительное ограничение: имя уровня C каждой функции в семействе перегруженных функций должно отличаться от имён уровня C всех других функций, как внутренних, так и загружаемых динамически. Если это правило нарушается, поведение зависит от среды. Вы можете получить ошибку компоновщика во время выполнения, либо будет вызвана не та функция (обычно внутренняя). Альтернативная форма предложения `AS` для SQL-команды `CREATE FUNCTION` позволяет отвязать имя SQL-функции от имени, определённого в исходном коде на C. Например:

```
CREATE FUNCTION test(int) RETURNS int
    AS 'имя_файла', 'test_1arg'
    LANGUAGE C;
CREATE FUNCTION test(int, int) RETURNS int
    AS 'имя_файла', 'test_2arg'
    LANGUAGE C;
```

Имена функций на C здесь следуют одному из множества возможных соглашений.

37.7. Категории изменчивости функций

Для каждой функции определяется характеристика *изменчивости*, с возможными вариантами: `VOLATILE`, `STABLE` и `IMMUTABLE`. Если эта характеристика не задаётся явно в команде CREATE FUNCTION, по умолчанию подразумевается `VOLATILE`. Категория изменчивости представляет собой обещание некоторого поведения функции для оптимизатора:

- Изменчивая функция (`VOLATILE`) может делать всё, что угодно, в том числе, модифицировать базу данных. Она может возвращать различные результаты при нескольких вызовах с одинаковыми аргументами. Оптимизатор не делает никаких предположений о поведении таких функций. В запросе, использующем изменчивую функцию, она будет вычисляться заново для каждой строки, когда потребуется её результат.

- Стабильная функция (`STABLE`) не может модифицировать базу данных и гарантированно возвращает одинаковый результат, получая одинаковые аргументы, для всех строк в одном операторе. Эта характеристика позволяет оптимизатору заменить множество вызовов этой функции одним. В частности, выражение, содержащее такую функцию, можно безопасно использовать в условии поиска по индексу. (Так как при поиске по индексу целевое значение вычисляется только один раз, а не для каждой строки, использовать функцию с характеристикой `VOLATILE` в условии поиска по индексу нельзя.)

- Постоянная функция (`IMMUTABLE`) не может модифицировать базу данных и гарантированно всегда возвращает одинаковые результаты для одних и тех же аргументов. Эта характеристика позволяет оптимизатору предварительно вычислить функцию, когда она вызывается в запросе с постоянными аргументами. Например, запрос вида `SELECT ... WHERE x = 2 + 2` можно упростить до `SELECT ... WHERE x = 4`, так как нижележащая функция оператора сложения помечена как `IMMUTABLE`.

Для наилучших результатов оптимизации, функции следует назначать самую строгую характеристику изменчивости, которой она соответствует.

Любая функция с побочными эффектами *должна* быть помечена как `VOLATILE`, чтобы обращения к ней не исключались при оптимизации. Даже если функция не имеет побочных эффектов, её нужно пометить как `VOLATILE`, если её значение может меняться при выполнении одного запроса; таковы функции `random()`, `currval()` и `timeofday()`.

Другой важный пример представляет семейство функций `current_timestamp`, которые имеют характеристику `STABLE`, потому что их значения не меняются в рамках одной транзакции.

Характеристики `STABLE` и `IMMUTABLE` мало различаются, когда речь идёт о простых интерактивных запросах, которые планируются и сразу же выполняются; не имеет большого значения, будет ли функция выполнена однократно на этапе планирования или в начале выполнения. Существенное различие проявляется, когда план сохраняется и многократно используется позже. Если функция помечена как `IMMUTABLE`, тогда как на самом деле она не является постоянной, она может быть сведена к константе во время планирования, так что при последующих выполнениях плана вместо неё будет использоваться неактуальное значение. Это опасно при использовании подготовленных операторов или языков функций, кеширующих планы (например, PL/pgSQL).

У функций, написанных на SQL или на любом другом стандартном процедурном языке, есть ещё одно важное свойство, определяемое характеристикой изменчивости, а именно видимость изменений, произведённых командой SQL, которая вызывает эту функцию. Функция `VOLATILE` будет видеть такие изменения, тогда как `STABLE` и `IMMUTABLE` — нет. Это поведение реализуется посредством снимков в MVCC (см. Главу 13): `STABLE` и `IMMUTABLE` используют снимок, полученный в начале вызывающего запроса, тогда как функции `VOLATILE` получают свежий снимок в начале каждого запроса, который они выполняют.

Примечание

Функции, написанные на C, могут работать со снимками как угодно, но обычно лучше сделать так, чтобы они действовали аналогично.

Вследствие такой организации работы со снимками, функцию, содержащую только команды `SELECT`, можно безопасно пометить как `STABLE`, даже если она выбирает данные из таблиц, которые могут быть изменены параллельными запросами. PostgreSQL выполнит все команды в функции `STABLE` со снимком, полученным для вызывающего запроса, так что они будут видеть одно представление базы данных на протяжении всего запроса.

То же самое поведение со снимками распространяется на команды `SELECT` в функциях `IMMUTABLE`. Вообще в функциях `IMMUTABLE` обычно неразумно выбирать данные из таблиц, так как «постоянство» функции будет нарушено, если содержимое таблиц изменится. Однако PostgreSQL не принуждает вас явно отказаться от этого.

Одна из распространённых ошибок — помечать функцию как `IMMUTABLE`, при том, что её результаты зависят от параметра конфигурации. Например, функция, работающая с временем, может выдавать результаты, зависящие от параметра TimeZone. Для надёжности такие функции следует помечать как `STABLE`.

> **Примечание**
>
> PostgreSQL требует, чтобы функции `STABLE` и `IMMUTABLE` не содержали SQL-команд, кроме `SELECT`, для предотвращения модификации данных. (Это не совсем непробиваемое ограничение, так как эти функции всё же могут вызывать функции `VOLATILE`, способные модифицировать базу данных. Если вы реализуете такую схему, вы увидите, что функция `STABLE` и `IMMUTABLE` не замечает изменений в базе данных, произведённых вызванной функцией, так как они не проявляются в её снимке данных.)

37.8. Функции на процедурных языках

PostgreSQL позволяет разрабатывать собственные функции и на языках, отличных от SQL и C. Эти другие языки в целом обычно называются *процедурными языками* (PL, Procedural Languages). Процедурные языки не встроены в сервер PostgreSQL; они предлагаются загружаемыми модулями. За дополнительной информацией обратитесь к Главе 41 и следующим главам.

37.9. Внутренние функции

Внутренние функции — это функции, написанные на языке C, и статически скомпонованные в исполняемый код сервера PostgreSQL. В «теле» определения функции задаётся имя функции на уровне C, которое не обязательно должно совпадать с именем, объявленным для использования в SQL. (Обратной совместимости ради, тело функции может быть пустым, что будет означать, что имя функции на уровне C совпадает с именем в SQL.)

Обычно все внутренние функции, представленные на сервере, объявляются в ходе инициализации кластера баз данных (см. Раздел 18.2), но пользователь может воспользоваться командой `CREATE FUNCTION` и добавить дополнительные псевдонимы для внутренней функции. Внутренние функции объявляются в `CREATE FUNCTION` с именем языка `internal`. Например, так можно создать псевдоним для функции `sqrt`:

```
CREATE FUNCTION square_root(double precision) RETURNS double precision
    AS 'dsqrt'
    LANGUAGE internal
    STRICT;
```

(Большинство внутренних функций должны объявляться как «strict».)

> **Примечание**
>
> Не все «предопределённые» функции являются «внутренними» в вышеописанном смысле. Некоторые предопределённые функции написаны на SQL.

37.10. Функции на языке C

Пользовательские функции могут быть написаны на C (или на языке, который может быть совместим с C, например C++). Такие функции компилируются в динамически загружаемые объекты (также называемые разделяемыми библиотеками) и загружаются сервером по требованию. Именно метод динамической загрузки отличает функции «на языке C» от «внутренних» функций — правила написания кода по сути одни и те же. (Собственно, поэтому стандартная библиотека внутренних функций может быть богатым источником примеров для написания собственных функций на языке C.)

В настоящее время для функций на C применяется только одно соглашение о вызовах («версии 1»). Поддержка этого соглашения обозначается объявлением функции с макросом `(PG_FUNCTION_INFO_V1)`, как показано ниже.

37.10.1. Динамическая загрузка

В первый раз, когда в сеансе вызывается пользовательская функция в определённом внешнем объектном файле, загрузчик динамических модулей загружает этот файл в память, чтобы можно было вызвать эту функцию. Таким образом, в команде `CREATE FUNCTION`, объявляющей пользовательскую функцию на языке C, необходимо определить две сущности для функции: имя загружаемого объектного файла и имя уровня C (символ для компоновки) заданной функции в этом объектном файле. Если имя уровня C не указано явно, предполагается, что оно совпадает с именем функции в SQL.

Для нахождения разделяемого объектного файла по имени, заданному в команде `CREATE FUNCTION`, применяется следующий алгоритм:

1. Если имя задаётся абсолютным путём, загружается заданный файл.
2. Если имя начинается со строки `$libdir`, эта часть пути заменяется путём к каталогу библиотек PostgreSQL, который определяется во время сборки.
3. Если в имени не указывается каталог, поиск файла производится по пути, заданному конфигурационной переменной dynamic_library_path.
4. В противном случае (файл не был найден в пути поиска, или в его имени указывается не абсолютный путь к каталогу), загрузчик попытается принять имя как есть, что, скорее всего, не увенчается успехом. (Полагаться на текущий рабочий каталог ненадёжно.)

Если эта последовательность не даёт положительный результат, к данному имени добавляется принятое на данной платформе расширение файлов библиотек (часто `.so`) и последовательность повторяется снова. Если и это не приводит к успеху, происходит сбой загрузки.

Для поиска разделяемых библиотек рекомендуется задавать либо путь относительно `$libdir`, либо путь динамических библиотек. Это упрощает обновление версии при перемещении новой инсталляции в другое место. Какой именно каталог подразумевается под `$libdir`, можно узнать с помощью команды `pg_config --pkglibdir`.

Пользователь, от имени которого работает сервер PostgreSQL, должен иметь возможность пройти путь к файлу, который требуется загрузить. Очень распространённая ошибка — когда сам файл или каталог верхнего уровня оказывается недоступным для чтения и/или исполнения для пользователя postgres.

В любом случае имя файла, заданное в команде `CREATE FUNCTION`, записывается в системные каталоги буквально, так что если этот файл потребуется загрузить ещё раз, та же процедура будет проделана снова.

> **Примечание**
>
> PostgreSQL не будет компилировать функцию на C автоматически, поэтому прежде чем ссылаться на объектный файл в команде `CREATE FUNCTION`, его нужно скомпилировать. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 37.10.5.

Чтобы гарантировать, что динамически загружаемый объектный файл не будет загружен несовместимым сервером, PostgreSQL проверяет, содержит ли этот файл «отличительный блок» с требуемым содержимым. Благодаря этому сервер может выявить очевидную несовместимость, например, когда код скомпилирован для другой старшей версии PostgreSQL. Чтобы включить его в свой модуль, напишите это в одном (и только одном) из исходных файлов модуля, после включения заголовочного файла `fmgr.h`:

```
PG_MODULE_MAGIC;
```

После того как он был использован первый раз, динамически загружаемый объектный файл сохраняется в памяти. Следующие обращения в том же сеансе к функциям в этом файле повлекут только небольшие издержки, связанные с поиском в таблице символов. Если вам нужно принудительно перезагрузить объектный файл, например, после перекомпиляции, начните новый сеанс.

Динамически загружаемый файл может дополнительно содержать функции инициализации и завершения работы библиотеки. Если в файле находится функция с именем `_PG_init`, эта функция будет вызвана сразу после загрузки файла. Эта функция не принимает параметры и не должна ничего возвращать. Если в файле находится функция `_PG_fini`, эта функция будет вызвана непосредственно перед выгрузкой файла. Эта функция так же не принимает параметры и не должна ничего возвращать. Заметьте, что `_PG_fini` будет вызываться только при выгрузке файла, но не при завершении процесса. (В настоящее время выгрузка отключена и не происходит никогда, но в будущем это может измениться.)

37.10.2. Базовые типы в функциях на языке C

Чтобы понимать, как написать функцию на языке C, вы должны знать, как внутри PostgreSQL представляются базовые типы данных и как их могут принимать и передавать функции. PostgreSQL внутри воспринимает базовые типы как «блоки памяти». Пользовательские функции, устанавливаемые для типов, в свою очередь, определяют, как PostgreSQL может работать с этими типами. То есть, PostgreSQL только сохраняет и загружает данные с диска, а для ввода, обработки и вывода данных он использует определяемые вами функции.

Базовые типы могут иметь один из трёх внутренних форматов:

- передаётся по значению, фиксированной длины
- передаётся по ссылке, фиксированной длины
- передаётся по ссылке, переменной длины

Типы, передаваемые по значению, могут иметь размер только 1, 2 или 4 байта (и 8 байт, если `sizeof(Datum)` равен 8 на вашей машине). Определяя собственные типы, следует позаботиться о том, чтобы они имели одинаковый размер (в байтах) во всех архитектурах. Например, тип `long` опасен, так как он имеет размер 4 байта на одних машинах, и 8 байт на других, тогда как тип `int` состоит из 4 байт в большинстве систем Unix. Поэтому разумной реализацией типа `int4` на платформе Unix может быть такая:

```
/* 4-байтное целое, передаётся по значению */
typedef int int4;
```

(В коде собственно PostgreSQL этот тип называется `int32`, так как в C принято соглашение, что `int`*`XX`* подразумевает *`XX` бит*. Заметьте, что вследствие этого тип `int8` в C имеет размер 1 байт. Тип `int8`, принятый в SQL, в C называется `int64`. См. также Таблицу 37.2.)

С другой стороны, типы фиксированной длины любого размера можно передавать по ссылке. Например, взгляните на пример реализации типа PostgreSQL:

```
/* 16-байтная структура, передаётся по ссылке */
typedef struct
{
    double  x, y;
} Point;
```

В функции PostgreSQL и из них могут передаваться только указатели на такие типы. Чтобы вернуть значение такого типа, выделите для него нужное количество памяти функцией `palloc`, заполните выделенную память и верните указатель на неё. (Если вы захотите просто вернуть то же значение, что было получено во входном аргументе этого же типа данных, вы можете пропустить дополнительный вызов `palloc` и просто вернуть указатель на это поступившее значение.)

Наконец, все типы переменной длины также должны передаваться по ссылке. Все типы переменной длины должны начинаться с обязательного поля длины размером ровно 4 байта, которая будет задаваться макросом `SET_VARSIZE`; никогда не устанавливайте это поле вручную! Все данные, которые будут храниться в этом типе, должны размещаться в памяти непосредственно за этим полем длины. Поле длины содержит полную длину структуры, то есть включает размер самого поля длины.

Ещё один важный момент — старайтесь не оставлять неинициализированных байт в значениях данных; например, обнуляйте все возможные байты выравнивания, которые могут присутствовать в структурах. Если этого не делать, логически равные значения ваших данных могут представляться неравными планировщику, что приведёт к построению неэффективных (хотя и корректных) планов.

Предупреждение

Никогда не изменяйте содержимое, передаваемое на вход по ссылке. Если вы сделаете это, вы скорее всего испортите данные на диске, так как полученный вами указатель указывает непосредственно на место в дисковом буфере. Единственное исключение из этого правила освещается в Разделе 37.12.

В качестве примера мы можем определить тип `text` так:

```
typedef struct {
    int32 length;
    char data[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER];
} text;
```

Запись `[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER]` означает, что действительная длина массива данных в этом объявлении не указывается.

Работая с типами переменной длины, мы должны аккуратно выделить нужный объём памяти и записать его размер в поле длины. Например, если нужно сохранить 40 байт в структуре `text`, можно применить такой код:

```
#include "postgres.h"
...
char buffer[40]; /* our source data */
...
text *destination = (text *) palloc(VARHDRSZ + 40);
SET_VARSIZE(destination, VARHDRSZ + 40);
memcpy(destination->data, buffer, 40);
...
```

`VARHDRSZ` совпадает с `sizeof(int32)`, но для получения размера заголовка типа переменной длины хорошим стилем считается применять макрос `VARHDRSZ`. Кроме того, поле длины *должно* устанавливаться макросом `SET_VARSIZE`, а не простым присваиванием.

В Таблице 37.2 указано, какие типы языка C соответствуют типам SQL при написании функций на C с использованием встроенных типов PostgreSQL. В столбце «Определён в» указывается, какой заголовочный файл необходимо подключить, чтобы получить определение типа. (Фактическое определение может быть в другом файле, который подключается из указанного, однако рекомендуется придерживаться обозначенного интерфейса.) Заметьте, что в любом исходном файле первым всегда необходимо включать `postgres.h`, потому что в нём объявляется ряд вещей, которые нужны в любом случае, и потому что включение первым другого заголовочного файла может сделать код непереносимым.

Таблица 37.2. Типы C, эквивалентные встроенным типам SQL

Тип SQL	Тип C	Определён в
boolean	bool	postgres.h (может быть встроен в компиляторе)
box	BOX*	utils/geo_decls.h
bytea	bytea*	postgres.h
"char"	char	(встроен в компиляторе)
character	BpChar*	postgres.h
cid	CommandId	postgres.h
date	DateADT	utils/date.h
float4 (real)	float4	postgres.h
float8 (double precision)	float8	postgres.h
int2 (smallint)	int16	postgres.h
int4 (integer)	int32	postgres.h
int8 (bigint)	int64	postgres.h
interval	Interval*	datatype/timestamp.h
lseg	LSEG*	utils/geo_decls.h
name	Name	postgres.h
numeric	Numeric	utils/numeric.h
oid	Oid	postgres.h
oidvector	oidvector*	postgres.h
path	PATH*	utils/geo_decls.h
point	POINT*	utils/geo_decls.h
regproc	RegProcedure	postgres.h
text	text*	postgres.h
tid	ItemPointer	storage/itemptr.h
time	TimeADT	utils/date.h
time with time zone	TimeTzADT	utils/date.h
timestamp	Timestamp	datatype/timestamp.h
timestamp with time zone	TimestampTz	datatype/timestamp.h
varchar	VarChar*	postgres.h
xid	TransactionId	postgres.h

Теперь, когда мы рассмотрели все возможные структуры для базовых типов, мы можем перейти к примерам реальных функций.

37.10.3. Соглашение о вызовах версии 1

Соглашение о вызовах версии 1 полагается на макросы, скрывающие основную долю сложностей, связанных с передачей аргументов и результатов. По соглашению версии 1 функция на C должна всегда определяться так:

```
Datum funcname(PG_FUNCTION_ARGS)
```

В дополнение к этому, в том же исходном файле должен присутствовать вызов макроса:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(funcname);
```

(Обычно его принято записывать непосредственно перед функцией.) Этот вызов макроса не нужен для функций `internal`, так как PostgreSQL предполагает, что все внутренние функции используют соглашении версии 1. Однако для функций, загружаемых динамически, этот макрос необходим.

В функции версии 1 каждый аргумент выбирается макросом `PG_GETARG_xxx()`, который соответствует типу данных аргумента. В нестрогих функциях этому вызову должна предшествовать проверка на NULL в аргументе с использованием `PG_ARGISNULL()` (см. ниже). Результат возвращается макросом `PG_RETURN_xxx()` для возвращаемого типа. `PG_GETARG_xxx()` принимает в качестве параметра номер выбираемого аргумента функции (нумерация начинается с 0). `PG_RETURN_xxx()` принимает фактическое значение, которое нужно возвратить.

Несколько примеров использования соглашения о вызовах версии 1:

```
#include "postgres.h"
#include <string.h>
#include "fmgr.h"
#include "utils/geo_decls.h"

PG_MODULE_MAGIC;

/* by value */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one);

Datum
add_one(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    int32   arg = PG_GETARG_INT32(0);

    PG_RETURN_INT32(arg + 1);
}

/* by reference, fixed length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one_float8);

Datum
add_one_float8(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    /* The macros for FLOAT8 hide its pass-by-reference nature. */
    float8   arg = PG_GETARG_FLOAT8(0);

    PG_RETURN_FLOAT8(arg + 1.0);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(makepoint);

Datum
makepoint(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    /* Here, the pass-by-reference nature of Point is not hidden. */
    Point     *pointx = PG_GETARG_POINT_P(0);
    Point     *pointy = PG_GETARG_POINT_P(1);
    Point     *new_point = (Point *) palloc(sizeof(Point));
```

```
    new_point->x = pointx->x;
    new_point->y = pointy->y;

    PG_RETURN_POINT_P(new_point);
}

/* by reference, variable length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(copytext);

Datum
copytext(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    text     *t = PG_GETARG_TEXT_PP(0);

    /*
     * VARSIZE_ANY_EXHDR is the size of the struct in bytes, minus the
     * VARHDRSZ or VARHDRSZ_SHORT of its header.  Construct the copy with a
     * full-length header.
     */
    text     *new_t = (text *) palloc(VARSIZE_ANY_EXHDR(t) + VARHDRSZ);
    SET_VARSIZE(new_t, VARSIZE_ANY_EXHDR(t) + VARHDRSZ);

    /*
     * VARDATA is a pointer to the data region of the new struct.  The source
     * could be a short datum, so retrieve its data through VARDATA_ANY.
     */
    memcpy((void *) VARDATA(new_t), /* destination */
           (void *) VARDATA_ANY(t), /* source */
           VARSIZE_ANY_EXHDR(t));   /* how many bytes */
    PG_RETURN_TEXT_P(new_t);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(concat_text);

Datum
concat_text(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    text  *arg1 = PG_GETARG_TEXT_PP(0);
    text  *arg2 = PG_GETARG_TEXT_PP(1);
    int32 arg1_size = VARSIZE_ANY_EXHDR(arg1);
    int32 arg2_size = VARSIZE_ANY_EXHDR(arg2);
    int32 new_text_size = arg1_size + arg2_size + VARHDRSZ;
    text *new_text = (text *) palloc(new_text_size);

    SET_VARSIZE(new_text, new_text_size);
    memcpy(VARDATA(new_text), VARDATA_ANY(arg1), arg1_size);
    memcpy(VARDATA(new_text) + arg1_size, VARDATA_ANY(arg2), arg2_size);
    PG_RETURN_TEXT_P(new_text);
}
```

В предположении, что приведённый выше код был подготовлен в файле `funcs.c` и скомпилирован в разделяемый объект, мы можем объявить эти функции в PostgreSQL следующими командами:

```
CREATE FUNCTION add_one(integer) RETURNS integer
     AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'add_one'
     LANGUAGE C STRICT;
```

```
-- обратите внимание — это перегрузка SQL-функции "add_one"
CREATE FUNCTION add_one(double precision) RETURNS double precision
     AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'add_one_float8'
     LANGUAGE C STRICT;

CREATE FUNCTION makepoint(point, point) RETURNS point
     AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'makepoint'
     LANGUAGE C STRICT;

CREATE FUNCTION copytext(text) RETURNS text
     AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'copytext'
     LANGUAGE C STRICT;

CREATE FUNCTION concat_text(text, text) RETURNS text
     AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'concat_text'
     LANGUAGE C STRICT;
```

Здесь *КАТАЛОГ* — это путь к каталогу, в который помещён разделяемый библиотечный файл (например, каталог учебных материалов (tutorial) в исходном коде PostgreSQL, содержащий код примеров, использованных в этом разделе). (Лучше было бы просто написать `'funcs'` в предложении `AS`, предварительно добавив *КАТАЛОГ* в путь поиска. В любом случае мы можем опустить принятое в системе расширение файлов разделяемых библиотек, обычно `.so`.)

Заметьте, что мы объявили эти функции как «strict» (строгие) — это означает, что система будет автоматически подразумевать результат NULL, если в одном из входных значений передаётся NULL. Благодаря этому, мы избегаем необходимости проверять входные значения на NULL в коде функции. Без такого объявления нам пришлось бы явно проверять параметры на NULL, используя `PG_ARGISNULL()`.

Макрос `PG_ARGISNULL(n)` позволяет функции проверить на NULL каждый из её аргументов. (Разумеется, это нужно делать только в функциях, объявленных без характеристики «strict».) Как и с макросом `PG_GETARG_xxx()`, входные аргументы нумеруются, начиная с нуля. Заметьте, что не следует обращаться к макросу `PG_GETARG_xxx()`, не убедившись, что соответствующий аргумент не NULL. Чтобы возвратить NULL в качестве результата, воспользуйтесь макросом `PG_RETURN_NULL()`; это работает и со строгими, и с нестрогими функциями.

На первый взгляд соглашения о вызовах версии 1 могут показаться всего лишь бессмысленным мракобесием, по сравнению с соглашениями простого `C`. Однако они позволяют работать с аргументами и возвращаемыми значениями, в которых может передаваться `NULL`, а также со значениями в формате TOAST (сжатыми или хранимыми отдельно).

Кроме того, в интерфейсе версии 1 появились две вариации макроса `PG_GETARG_xxx()`. Первая вариация, `PG_GETARG_xxx_COPY()`, гарантированно возвращает копию указанного аргумента, которую можно безопасно модифицировать. (Обычный макрос иногда возвращает указатель на значение, которое физически хранится в таблице, в которую нельзя писать. С макросом `PG_GETARG_xxx_COPY()` гарантированно получается результат, доступный для записи.) Вторая вариация представлена макросом `PG_GETARG_xxx_SLICE()`, принимающим три параметра. В первом передаётся номер аргумента функции (как и раньше). Во втором и третьем передаётся смещение и длина сегмента, который должен быть возвращён. Смещение отсчитывается с нуля, а отрицательная длина указывает, что запрашивается оставшаяся часть значения. Эти макросы дают более эффективный доступ к частям больших значений, имеющим тип хранения «external». (Тип хранения столбца может задаваться командой `ALTER TABLE имя_таблицы ALTER COLUMN имя_столбца SET STORAGE тип_хранения`, где *тип_хранения*: `plain`, `external`, `extended` или `main`.)

Наконец, соглашения о вызовах версии 1 позволяют возвращать множества (Подраздел 37.10.8) и реализовывать триггерные функции (Глава 38) и обработчики вызовов процедурных языков (Глава 55). Дополнительные подробности можно найти в `src/backend/utils/fmgr/README` в пакете исходного кода.

37.10.4. Написание кода

Прежде чем перейти к более сложным темам, мы должны обсудить некоторые правила написания кода функций на языке C для PostgreSQL. Хотя принципиально можно загружать в PostgreSQL функции, написанные на языках, отличных от C, обычно это довольно сложно (когда вообще возможно), так как другие языки, например C++, FORTRAN или Pascal часто не следуют соглашениям, принятым в C. То есть другие языки могут передавать аргументы и возвращаемые значения между функциями разными способами. Поэтому далее предполагается, что ваши функции на языке C действительно написаны на C.

Основные правила написания и компиляции функций на C таковы:

- Чтобы выяснить, где находятся заголовочные файлы сервера PostgreSQL, установленные в вашей системе (или в системе, с которой будут работать ваши пользователи), воспользуйтесь командой `pg_config --includedir-server`.
- Для компиляции и компоновки кода, который можно будет динамически загрузить в PostgreSQL, требуется указать специальные флаги. Чтобы конкретнее узнать, как это сделать в вашей конкретной операционной системе, обратитесь к Подразделу 37.10.5.
- Не забудьте определить «отличительный блок» для вашей разделяемой библиотеки, как описано в Подразделе 37.10.1.
- Для выделения памяти используйте функцию PostgreSQL `palloc`, а для освобождения `pfree`, вместо соответствующих функций библиотеки C `malloc` и `free`. Память, выделяемая функцией `palloc`, будет автоматически освобождаться в конце каждой транзакции, во избежание утечек памяти.
- Всегда обнуляйте байты ваших структур, применяя `memset` (или сразу выделяйте память функцией `palloc0`). Даже если вы присвоите значение каждому полю структуры, в ней могут оставаться байты выравнивания (пустоты в структуре), содержащие случайные значения. Если исключить это требование, будет сложно поддерживать индексы или соединение по хешу, так как для вычисления хеша придётся выбирать только значащие биты из вашей структуры данных. Планировщик также иногда полагается на побитовое сравнение констант, так что результаты планирования могут оказаться неожиданными, если логически равные значения окажутся неравными на битовом уровне.
- Большинство внутренних типов PostgreSQL объявлены в `postgres.h`, тогда как интерфейс менеджера функций (`PG_FUNCTION_ARGS` и т. д.) определён в `fmgr.h`, так что потребуется подключить как минимум два этих файла. По соображениям портируемости, лучше включить `postgres.h` *первым*, до каких-либо других системных или пользовательских файлов заголовков. При подключении `postgres.h` автоматически также будут подключены `elog.h` и `palloc.h`.
- Имена символов, определённые в объектных файлах, не должны конфликтовать друг с другом или с именами других символов, определённых в исполняемых файлах сервера PostgreSQL. Если вы столкнётесь с ошибками, вызванными таким конфликтом, вам придётся переименовать ваши функции или переменные.

37.10.5. Компиляция и компоновка динамически загружаемых функций

Прежде чем вы сможете использовать ваши написанные на C функции, расширяющие возможности PostgreSQL, их необходимо скомпилировать и скомпоновать особым образом, чтобы сервер мог динамически загрузить полученный файл. Точнее говоря, вам необходимо создать *разделяемую библиотеку*.

За подробной информацией, дополняющей и поясняющей то, что описано в этом разделе, вам следует обратиться к документации вашей операционной системы, в частности, к страницам руководства компилятора C, `cc`, и компоновщика, `ld`. Кроме того, ряд рабочих примеров можно найти в каталоге `contrib` исходного кода PostgreSQL. Однако если вы непосредственно воспользуйтесь этими примерами, ваши модули окажутся зависимыми от наличия исходного кода PostgreSQL.

Создание разделяемых библиотек в принципе не отличается от сборки исполняемых файлов: сначала исходные файлы компилируются в объектные, а затем объектные связываются вместе. Объектные файлы должны создаваться так, чтобы они содержали *позиционно-независимый* код (PIC, position-independent code), что означает, что при загрузке для выполнения этот код может быть помещён в любое место в памяти. (Объектные файлы, предназначенные для сборки непосредственно исполняемых файлов, обычно собираются не так.) Команда для компоновки разделяемой библиотеки принимает специальные флаги, что отличают её от компоновки исполняемого файла (по крайней мере в теории — в некоторых системах реальность не так прекрасна).

В следующих примерах предполагается, что исходный код находится в файле `foo.c` и мы будем создавать разделяемую библиотеку `foo.so`. Промежуточный объектный файл будет называться `foo.o`, если не отмечено другое. Разделяемая библиотека может включать больше одного объектного файла, но здесь мы ограничимся одним.

FreeBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Чтобы создать разделяемую библиотеку, используется флаг компилятора `-shared`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

Это применимо как минимум к FreeBSD версии 3.0.

HP-UX

Для создания кода PIC системному компилятору передаётся флаг `+z`, а компилятору GCC — флаг `-fPIC`. Чтобы создать разделяемые библиотеки, используется флаг компоновщика `-b`. Таким образом, нужно выполнить:

```
cc +z -c foo.c
```

или:

```
gcc -fPIC -c foo.c
```

а затем:

```
ld -b -o foo.sl foo.o
```

В HP-UX, в отличие от многих других систем, для разделяемых библиотек выбрано расширение `.sl`.

Linux

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Для создания разделяемой библиотеки компилятору передаётся флаг `-shared`. Полный пример будет выглядеть так:

```
cc -fPIC -c foo.c
cc -shared -o foo.so foo.o
```

macOS

Следующий пример показывает нужные команды, в предположении, что установлены инструменты разработчика.

```
cc -c foo.c
cc -bundle -flat_namespace -undefined suppress -o foo.so foo.o
```

NetBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Для компоновки разделяемых библиотек в системах ELF компилятору передаётся флаг `-shared`, а в старых системах, не поддерживающих ELF, применяется команда `ld -Bshareable`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

OpenBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`, а для компоновки разделяемых библиотек применяется команда `ld -Bshareable`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
ld -Bshareable -o foo.so foo.o
```

Solaris

Для создания кода PIC компилятору Sun передаётся флаг `-KPIC`, а компилятору GCC — флаг `-fPIC`. Для компоновки разделяемой библиотеки можно передать обоим компиляторам флаг `-G` либо передать флаг `-shared` компилятору GCC.

```
cc -KPIC -c foo.c
cc -G -o foo.so foo.o
```

или

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -G -o foo.so foo.o
```

Подсказка

Если это слишком сложно для вас, попробуйте использовать средство *GNU Libtool*, которое скрывает различия платформ за единым интерфейсом.

Полученную разделяемую библиотеку можно будет затем загрузить в PostgreSQL. Когда команде `CREATE FUNCTION` передаётся имя файла, это должно быть имя файла разделяемой библиотеки, а не промежуточного объектного файла. Заметьте, что принятое в системе расширение файлов библиотек (как правило, `.so` или `.sl`) в команде `CREATE FUNCTION` можно опустить, и так обычно следует делать для лучшей портируемости.

Чтобы уточнить, где сервер будет искать файлы разделяемых библиотек, вернитесь к Подразделу 37.10.1.

37.10.6. Аргументы составного типа

Составные типы не имеют фиксированного макета данных, как структуры C. В частности, экземпляры составного типа могут содержать поля NULL. Кроме того, в контексте наследования составные типы могут иметь разные поля для разных членов в одной иерархии наследования. Поэтому PostgreSQL предоставляет функциям специальный интерфейс для обращения к полям составных типов из C.

Предположим, что мы хотим написать функцию, отвечающую на запрос:

```
SELECT name, c_overpaid(emp, 1500) AS overpaid
    FROM emp
    WHERE name = 'Bill' OR name = 'Sam';
```

С соглашениями о вызовах версии 1 мы можем определить функцию `c_overpaid` так:

```
#include "postgres.h"
#include "executor/executor.h"  /* for GetAttributeByName() */

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(c_overpaid);

Datum
c_overpaid(PG_FUNCTION_ARGS)
{
```

```
    HeapTupleHeader  t = PG_GETARG_HEAPTUPLEHEADER(0);
    int32            limit = PG_GETARG_INT32(1);
    bool isnull;
    Datum salary;

    salary = GetAttributeByName(t, "salary", &isnull);
    if (isnull)
        PG_RETURN_BOOL(false);
    /* Alternatively, we might prefer to do PG_RETURN_NULL() for null salary. */

    PG_RETURN_BOOL(DatumGetInt32(salary) > limit);
}
```

`GetAttributeByName` — это системная функция PostgreSQL, которая возвращает атрибуты указанной строки. Она принимает три параметра: аргумент типа `HeapTupleHeader`, имя нужного атрибута и выходной параметр, устанавливаемый, если значение атрибута — NULL. `GetAttributeByName` возвращает значение `Datum`, которое вы можете привести к подходящему типу данных, используя соответствующий макрос `DatumGet`*`XXX`*`()`. Заметьте, что возвращаемое значение недействительно, если установлен флаг null; всегда проверяйте этот флаг, прежде чем что-либо делать с результатом.

Есть также функция `GetAttributeByNum`, которая выбирает целевой атрибут не по имени, а по номеру столбца.

Следующая команда объявляет функцию `c_overpaid` в SQL:

```
CREATE FUNCTION c_overpaid(emp, integer) RETURNS boolean
    AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'c_overpaid'
    LANGUAGE C STRICT;
```

Заметьте, что мы использовали `STRICT`, чтобы нам не пришлось проверять входные аргументы на равенство NULL.

37.10.7. Возврат строк (составных типов)

Чтобы вернуть строку или значение составного типа из функции на языке C, можно использовать специальный API, предоставляющий макросы и функции, скрывающие основную сложность формирования составных типов данных. Для использования этого API необходимо включить в исходный файл:

```
#include "funcapi.h"
```

Сформировать значение составного типа (далее «кортеж») можно двумя способами: его можно построить из массива значений Datum, или из массива строк C, которые будут переданы функциям преобразования ввода для типов столбцов кортежа. В любом случае сначала нужно получить или сконструировать дескриптор `TupleDesc` для структуры кортежа. Работая со значениями Datum, вы передаёте `TupleDesc` функции `BlessTupleDesc`, а затем вызываете `heap_form_tuple` для каждой строки. Работая со строками C, вы передаёте `TupleDesc` функции `TupleDescGetAttInMetadata`, а затем для каждой строки вызываете `BuildTupleFromCStrings`. В случае функции, возвращающей множество кортежей, все подготовительные действия можно выполнить один раз при первом вызове функции.

Для получения требуемого дескриптора `TupleDesc` предлагается несколько дополнительных функций. Рекомендованный способ возврата составных значений заключается в вызове функции:

```
TypeFuncClass get_call_result_type(FunctionCallInfo fcinfo,
                                   Oid *resultTypeId,
                                   TupleDesc *resultTupleDesc)
```

При этом в `fcinfo` должна передаваться та же структура, что была передана самой вызывающей функции. (Для этого, конечно, необходимо использовать соглашения о вызовах версии 1.) В `resultTypeId` можно передать `NULL` или адрес локальной переменной, в которую будет записан OID типа результата функции. В `resultTupleDesc` должен передаваться адрес локальной переменной `TupleDesc`. Убедить, что функция возвратила результат `TYPEFUNC_COMPOSITE`; в этом случае в `resultTupleDesc` оказывается требуемая структура `TupleDesc`. (Если получен другой результат, вы можете выдать ошибку с сообщением «функция, возвращающая запись, вызвана в контексте, не допускающем этот тип».)

Подсказка

`get_call_result_type` позволяет получить фактический тип результата полиморфной функции, так что она полезна и в функциях, возвращающих скалярные полиморфные результаты, не только в функциях, возвращающих составные типы. Выходной параметр `resultTypeId` полезен в первую очередь для полиморфных скалярных функций.

Примечание

В дополнение к `get_call_result_type` есть схожая функция `get_expr_result_type`, позволяющая получить ожидаемый тип результата для вызова функции, представленного деревом выражения. Её можно использовать, когда тип результата нужно определить извне самой функции. Есть также функция `get_func_result_type`, которую можно применять, когда известен только OID функции. Однако эти две функции неспособны выдать тип результата функций, возвращающих `record`, а `get_func_result_type` неспособна разрешать полиморфные типы, так что вместо них лучше использовать `get_call_result_type`.

Ранее для получения `TupleDesc` использовались теперь уже устаревшие функции:

```
TupleDesc RelationNameGetTupleDesc(const char *relname)
```

(возвращает `TupleDesc` для типа строк указанного отношения) и:

```
TupleDesc TypeGetTupleDesc(Oid typeoid, List *colaliases)
```

(возвращает `TupleDesc` для типа, задаваемого по OID). Применяя её, можно получить `TupleDesc` для базового или составного типа. Однако она не подойдёт для функции, возвращающей тип `record`, и не сможет разрешить полиморфные типы.

Получив `TupleDesc`, вызовите:

```
TupleDesc BlessTupleDesc(TupleDesc tupdesc)
```

если вы планируете работать со структурами Datum, либо:

```
AttInMetadata *TupleDescGetAttInMetadata(TupleDesc tupdesc)
```

если планируете работать со строками C. Если вы разрабатываете функцию, возвращающую набор данных, вы можете сохранить результаты этих функций в структуре `FuncCallContext`, в поле `tuple_desc` или `attinmeta`, соответственно.

Если вы работаете со структурами Datum, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTuple heap_form_tuple(TupleDesc tupdesc, Datum *values, bool *isnull)
```

Она формирует `HeapTuple` из переданных ей данных в форме Datum.

Если вы работаете со строками C, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTuple BuildTupleFromCStrings(AttInMetadata *attinmeta, char **values)
```

Она формирует `HeapTuple` из переданных ей данных в виде строк C. В параметре *`values`* ей передаётся массив строк C, по одной для каждого атрибута выходной строки. Каждая из этих строк должна иметь формат, принимаемый функцией ввода типа данных атрибута. Чтобы задать значение

NULL для одного из этих атрибутов, вместо соответствующего указателя в массиве *values* нужно передать NULL. Эту функцию нужно вызывать для каждой строки, которую вы будете возвращать.

Получив кортеж, который вы будете возвращать из вашей функции, вы должны преобразовать его в тип Datum. Чтобы преобразовать HeapTuple в Datum, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTupleGetDatum(HeapTuple tuple)
```

Полученный тип Datum можно вернуть непосредственно, если должна возвращаться только одна строка, либо использовать как текущее выдаваемое значение в функции, возвращающей набор строк.

Пример приведён в следующем разделе.

37.10.8. Возврат множеств

Функции на языке C могут возвращать наборы данных (множества строк) двумя способами. Первый способ, который называется *ValuePerCall* (значение за вызов), заключается в многократном вызове функции (при этом ей каждый раз передаются одни и те же аргументы). Эта функция при очередном вызове должна возвращать следующую строку, пока не выдаст все строки, о чём она сообщает, возвращая NULL. Таким образом, возвращающая множество функция (Set-Returning Function, SRF) должна сохранять между вызовами своё состояние в достаточном объёме, чтобы помнить, какие данные уже были выданы, и возвращать следующие при очередном вызове. Второй вариант, *Materialize* (Материализация), заключается в формировании в SRF объекта tuplestore, содержащего сразу весь результирующий набор; единственный вызов производится для получения сразу всего результата, и никакое состояние между вызовами сохранять не нужно.

Реализуя режим ValuePerCall, важно не забывать, что выполнение запроса до полного завершения не гарантируется. Так, например, получив указание LIMIT, исполнитель запроса может перестать вызывать возвращающую множество функцию до получения всех строк. Это означает, что выполнять действия, связанные с очисткой, в последнем вызове небезопасно, так как он может вовсе не состояться. Поэтому для функций, которым нужно обращаться к внешним ресурсам, например, открывая файловые дескрипторы, рекомендуется использовать режим материализации результатов.

В продолжении этого раздела описываются несколько вспомогательных макросов, которые часто используются (хотя не являются обязательными) в SRF, реализующих метод ValuePerCall. Подробнее о реализации варианта Materialize можно узнать из описательного файла в коде src/backend/utils/fmgr/README. Также вы можете найти разнообразные примеры SRF, реализующих как метод ValuePerCall, так и Materialize, в модулях contrib в комплекте исходного кода PostgreSQL.

Для использования описанных здесь макросов поддержки ValuePerCall подключите funcapi.h. Эти макросы работают со структурой FuncCallContext, содержащей состояние, которое требуется сохранять между вызовами. Указатель на FuncCallContext внутри вызываемой SRF сохраняется между вызовами в поле fcinfo->flinfo->fn_extra, которое макросы автоматически заполняют при первом использовании, рассчитывая прочесть из него тот же указатель при последующих вызовах.

```
typedef struct FuncCallContext
{
    /*
     * Счётчик числа ранее выполненных вызовов
     *
     * call_cntr сбрасывается в 0 макросом SRF_FIRSTCALL_INIT() и
     * увеличивается на 1 каждый раз, когда вызывается SRF_RETURN_NEXT().
     */
    uint64 call_cntr;

    /*
     * Максимальное число вызовов (может не использоваться)
     *
     * max_calls не является обязательным и присутствует здесь только для удобства.
```

```
     * Если это значение не задано, вы должны предоставить другую возможность
 определить,
     * когда функция завершила свою работу.
     */
    uint64 max_calls;

    /*
     * Указатель на разнообразную контекстную информацию,
     * представленную пользователем; (может не использоваться)
     *
     * user_fctx используется как указатель на ваши собственные данные,
     * позволяющий сохранить контекстную информацию между вызовами функции.
     */
    void *user_fctx;

    /*
     * Указатель на структуру, содержащую метаданные ввода типа атрибута
     * (может не использоваться)
     *
     * attinmeta задействуется, когда возвращаются кортежи (т. е. составные типы
 данных),
     * и не применяется для возврата базовых типов. Он нужен, только если
     * вы планируете использовать BuildTupleFromCStrings() для формирования
 возвращаемого
     * кортежа.
     */
    AttInMetadata *attinmeta;

    /*
     * Контекст памяти, нужный для структур, которые должны сохраняться при нескольких
 вызовах
     *
     * Поле multi_call_memory_ctx заполняется в SRF_FIRSTCALL_INIT() и используется
     * в SRF_RETURN_DONE() для очистки. Это наиболее подходящий контекст
     * для любых блоков памяти, которые должны многократно использоваться при
     * повторных вызовах SRF.
     */
    MemoryContext multi_call_memory_ctx;

    /*
     * Указатель на структуру, содержащую описание кортежа (может не использоваться)
     *
     * tuple_desc задействуется, когда возвращаются кортежи (т. е. составные типы),
     * и нужен только, если вы планируете формировать кортежи с помощью функции
     * heap_form_tuple(), а не BuildTupleFromCStrings().  Заметьте, что сохраняемый
     * здесь указатель TupleDesc обычно должен сначала пройти через вызов
     * BlessTupleDesc().
     */
    TupleDesc tuple_desc;

} FuncCallContext;
```

Для SRF предоставляется ряд макросов, использующих эту инфраструктуру:

```
SRF_IS_FIRSTCALL()
```

Используйте этот макрос, чтобы определить, вызывается ли ваша функция в первый раз. При первом вызове (но не при последующих) выполните:

```
SRF_FIRSTCALL_INIT()
```

для того, чтобы инициализировать `FuncCallContext`. При каждом вызове функции, включая первый, выполняйте:

```
SRF_PERCALL_SETUP()
```

для того, чтобы подготовиться к использованию `FuncCallContext`.

Если у вашей функции есть данные, которые она должна выдать в текущем вызове, выполните:

```
SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result)
```

для того, чтобы передать их вызывающему. (Переменная `result` должна быть типа `Datum`, либо одним значением, либо кортежем, подготовленным как описано выше.) Наконец, когда ваша функция закончила выдавать данные, выполните:

```
SRF_RETURN_DONE(funcctx)
```

для того, чтобы провести очистку и завершить SRF.

Контекст памяти, в котором вызывается SRF, временный, он будет очищаться между вызовами. Это значит, что вам не нужно вызывать `pfree` для всех блоков памяти, которые вы получили через `palloc`; они всё равно будут освобождены. Однако если вы хотите выделить структуры данных, сохраняющиеся между вызовами, вам нужно разместить их где-то в другом месте. Для размещения данных, которые не должны уничтожаться, пока SRF не закончит работу, подходит контекст памяти, на который указывает `multi_call_memory_ctx`. В большинстве случаев это означает, что вы должны переключиться в контекст `multi_call_memory_ctx` в коде подготовки при первом вызове. Для сохранения указателя на такие долгоживущие структуры воспользуйтесь полем `funcctx->user_fctx`. (Память, которую вы получаете в контексте `multi_call_memory_ctx`, будет освобождена автоматически при завершении запроса, так что и её освобождать вручную нет необходимости.)

Предупреждение

Тогда как фактические аргументы такой функции не меняются от вызова к вызову, если вы распаковываете значения аргументов (что обычно прозрачно делают макросы `PG_GETARG_`*xxx*) во временном контексте, распакованные копии будут освобождаться при каждом вызове. Соответственно, если вы сохраните ссылки на такие значения в своём контексте `user_fctx`, вы должны либо скопировать эти значения в `multi_call_memory_ctx` после распаковки, либо распаковывать значения только в этом контексте.

Полный пример с псевдокодом будет выглядеть так:

```
Datum
my_set_returning_function(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    FuncCallContext  *funcctx;
    Datum             result;
    другие необходимые объявления

    if (SRF_IS_FIRSTCALL())
    {
        MemoryContext oldcontext;

        funcctx = SRF_FIRSTCALL_INIT();
        oldcontext = MemoryContextSwitchTo(funcctx->multi_call_memory_ctx);
        /* Код подготовки при первом вызове: */
        некоторый код
        если возвращается составной тип
            получить TupleDesc и, возможно, AttInMetadata
        конец ветвления для составного типа
        некоторый код
        MemoryContextSwitchTo(oldcontext);
```

```
    }

    /* Код подготовки для каждого вызова: */
    некоторый код
    funcctx = SRF_PERCALL_SETUP();
    некоторый код

    /* Только так мы можем определить, не последний ли это вызов: */
    if (funcctx->call_cntr < funcctx->max_calls)
    {
        /* Здесь мы возвращаем ещё один результат: */
        некоторый код
        получение результирующих данных
        SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result);
    }
    else
    {
        /* Мы заканчиваем выдавать результаты, и это надо отразить. */
        /* (Воздержитесь от соблазна написать здесь код, освобождающий ресурсы.) */
        SRF_RETURN_DONE(funcctx);
    }
}
```

Полный пример простой SRF-функции, возвращающей составной тип, выглядит так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(retcomposite);

Datum
retcomposite(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    FuncCallContext     *funcctx;
    int                  call_cntr;
    int                  max_calls;
    TupleDesc            tupdesc;
    AttInMetadata       *attinmeta;

    /* stuff done only on the first call of the function */
    if (SRF_IS_FIRSTCALL())
    {
        MemoryContext   oldcontext;

        /* create a function context for cross-call persistence */
        funcctx = SRF_FIRSTCALL_INIT();

        /* switch to memory context appropriate for multiple function calls */
        oldcontext = MemoryContextSwitchTo(funcctx->multi_call_memory_ctx);

        /* total number of tuples to be returned */
        funcctx->max_calls = PG_GETARG_UINT32(0);

        /* Build a tuple descriptor for our result type */
        if (get_call_result_type(fcinfo, NULL, &tupdesc) != TYPEFUNC_COMPOSITE)
            ereport(ERROR,
                    (errcode(ERRCODE_FEATURE_NOT_SUPPORTED),
                     errmsg("function returning record called in context "
                            "that cannot accept type record")));

        /*
         * generate attribute metadata needed later to produce tuples from raw
```

```
         * C strings
         */
        attinmeta = TupleDescGetAttInMetadata(tupdesc);
        funcctx->attinmeta = attinmeta;

        MemoryContextSwitchTo(oldcontext);
    }

    /* stuff done on every call of the function */
    funcctx = SRF_PERCALL_SETUP();

    call_cntr = funcctx->call_cntr;
    max_calls = funcctx->max_calls;
    attinmeta = funcctx->attinmeta;

    if (call_cntr < max_calls)    /* do when there is more left to send */
    {
        char       **values;
        HeapTuple    tuple;
        Datum        result;

        /*
         * Prepare a values array for building the returned tuple.
         * This should be an array of C strings which will
         * be processed later by the type input functions.
         */
        values = (char **) palloc(3 * sizeof(char *));
        values[0] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));
        values[1] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));
        values[2] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));

        snprintf(values[0], 16, "%d", 1 * PG_GETARG_INT32(1));
        snprintf(values[1], 16, "%d", 2 * PG_GETARG_INT32(1));
        snprintf(values[2], 16, "%d", 3 * PG_GETARG_INT32(1));

        /* build a tuple */
        tuple = BuildTupleFromCStrings(attinmeta, values);

        /* make the tuple into a datum */
        result = HeapTupleGetDatum(tuple);

        /* clean up (this is not really necessary) */
        pfree(values[0]);
        pfree(values[1]);
        pfree(values[2]);
        pfree(values);

        SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result);
    }
    else    /* do when there is no more left */
    {
        SRF_RETURN_DONE(funcctx);
    }
}
```

В SQL её можно объявить следующим образом:

```
CREATE TYPE __retcomposite AS (f1 integer, f2 integer, f3 integer);
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION retcomposite(integer, integer)
    RETURNS SETOF __retcomposite
    AS 'имя_файла', 'retcomposite'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Также её можно объявить с параметрами OUT:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION retcomposite(IN integer, IN integer,
    OUT f1 integer, OUT f2 integer, OUT f3 integer)
    RETURNS SETOF record
    AS 'имя_файла', 'retcomposite'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Заметьте, что при таком подходе выходным типом функции формально является анонимный тип `record`.

37.10.9. Полиморфные типы аргументов и результата

Функции на языке C могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы, которые описаны в Подразделе 37.2.5. Когда типы аргументов или результата определены как полиморфные, автор функции не может заранее знать, с какими типами данных она будет вызываться и какой возвращать. Чтобы функция на C в стиле версии 1 могла определить фактические типы данных своих аргументов и тип, который она должна вернуть, в `fmgr.h` предлагаются две функции. Они называются `get_fn_expr_rettype(FmgrInfo *flinfo)` и `get_fn_expr_argtype(FmgrInfo *flinfo, int argnum)` и возвращают соответственно OID типа результата и аргумента, либо `InvalidOid`, если информация о типе отсутствует. Структуру `flinfo` обычно можно получить по ссылке `fcinfo->flinfo`. Номер аргумента `argnum` задаётся, начиная с нуля. В качестве альтернативы `get_fn_expr_rettype` также можно использовать функции `get_call_result_type`. Кроме того, есть функция `get_fn_expr_variadic`, позволяющая определить, были ли переменные аргументы объединены в массив. Это полезно в основном для функций `VARIADIC "any"`, так как такое объединение всегда имеет место для функций с переменными аргументами, принимающих обычные типы.

Например, предположим, что нам нужно написать функцию, принимающую один элемент любого типа и возвращающую одномерный массив этого типа:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(make_array);
Datum
make_array(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    ArrayType  *result;
    Oid         element_type = get_fn_expr_argtype(fcinfo->flinfo, 0);
    Datum       element;
    bool        isnull;
    int16       typlen;
    bool        typbyval;
    char        typalign;
    int         ndims;
    int         dims[MAXDIM];
    int         lbs[MAXDIM];

    if (!OidIsValid(element_type))
        elog(ERROR, "could not determine data type of input");

    /* получить переданный элемент, учитывая, что это может быть NULL */
    isnull = PG_ARGISNULL(0);
    if (isnull)
        element = (Datum) 0;
    else
```

```
        element = PG_GETARG_DATUM(0);

    /* мы имеем дело с одной размерностью */
    ndims = 1;
    /* и одним элементом */
    dims[0] = 1;
    /* с нижней границей, равной 1 */
    lbs[0] = 1;

    /* получить требуемую информацию о типе элемента */
    get_typlenbyvalalign(element_type, &typlen, &typbyval, &typalign);

    /* теперь создать массив */
    result = construct_md_array(&element, &isnull, ndims, dims, lbs,
                                element_type, typlen, typbyval, typalign);

    PG_RETURN_ARRAYTYPE_P(result);
}
```

Следующая команда объявляет функцию `make_array` в SQL:

```
CREATE FUNCTION make_array(anyelement) RETURNS anyarray
    AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'make_array'
    LANGUAGE C IMMUTABLE;
```

Существует один вариант полиморфизма, которым могут пользоваться только функции на языке C: их можно объявить с параметрами типа `"any"`. (Заметьте, что имя этого типа нужно заключать в двойные кавычки, так как это также зарезервированное слово в SQL.) Он работает так же, как `anyelement`, за исключением того, что он не требует, чтобы аргументы `"any"` имели одинаковый тип, и не помогает определить тип результата функции. Функцию на языке C можно также объявить с последним параметром `VARIADIC "any"`. Ему будут соответствовать один или более фактических аргументов любого типа (не обязательно одинакового). Эти аргументы *не* будут собираться в массив, как это происходит с обычными функциями с переменными аргументами; они просто будут переданы функции по отдельности. Если применяется этот вариант, то чтобы определить число фактических аргументов и их типы, нужно использовать макрос `PG_NARGS()` и функции, описанные выше. Пользователи такой функции также могут пожелать использовать ключевое слово `VARIADIC` в вызове функции, ожидая, что функция обработает элементы массива как отдельные аргументы. При необходимости соответствующее поведение должна реализовывать сама функция, определив с помощью `get_fn_expr_variadic`, был ли фактический аргумент передан с указанием `VARIADIC`.

37.10.10. Разделяемая память и лёгкие блокировки

Модули расширений могут резервировать лёгкие блокировки и область в разделяемой памяти при запуске сервера. Чтобы библиотека модуля предварительно загружалась на этапе запуска сервера, нужно указать её в shared_preload_libraries. Чтобы зарезервировать разделяемую память, вызовите из вашей функции `_PG_init` функцию:

```
void RequestAddinShmemSpace(int size)
```

Чтобы зарезервировать лёгкие блокировки, из `_PG_init` нужно вызвать:

```
void RequestNamedLWLockTranche(const char *tranche_name, int num_lwlocks)
```

В результате будет сформирован массив из `num_lwlocks` лёгких блокировок под именем `tranche_name`. Чтобы получить указатель на этот массив, воспользуйтесь функцией `GetNamedLWLockTranche`.

Во избежание возможных условий гонки каждый обслуживающий процесс должен вызывать LWLock `AddinShmemInitLock` в момент подключения и при инициализации разделяемой памяти, как показано здесь:

```
static mystruct *ptr = NULL;

if (!ptr)
{
        bool    found;

        LWLockAcquire(AddinShmemInitLock, LW_EXCLUSIVE);
        ptr = ShmemInitStruct("my struct name", size, &found);
        if (!found)
        {
                /* инициализировать содержимое области разделяемой памяти; */
                /* получить все требуемые блокировки LWLocks:
 */                ptr->locks = GetNamedLWLockTranche("my tranche name");
        }
        LWLockRelease(AddinShmemInitLock);
}
```

37.10.11. Использование C++ для расширяемости

Хотя код сервера PostgreSQL написан на C, расширения для него можно писать и на C++, если соблюдать эти правила:

- Все функции, к которым будет обращаться сервер, должны предоставлять ему интерфейс C; эти функции на C затем могут вызывать функции на языке C++. В частности, для функций, доступных серверу, необходимо указать `extern C`. Это также необходимо для всех функций, указатели на которые передаются между кодом сервера и подключаемым кодом на C++.
- Освобождайте память, применяя для этого подходящий метод. Например, память сервера в основном выделяется функцией `palloc()`, так что освобождать её нужно, вызывая `pfree()`. Попытка использовать в таких случаях принятую в C++ операцию `delete` приведёт к ошибке.
- Не допускайте распространения исключений в код C (добавляйте блок, перехватывающий все исключения, на верхнем уровне функций `extern C`). Это необходимо, даже если код на C++ не генерирует исключения явно, потому что исключения могут возникать, например, и при нехватке памяти. Все исключения должны перехватываться, и в интерфейс C должны передаваться соответствующие ошибки. Если возможно, скомпилируйте код C++ с указанием `-fno-exceptions`, чтобы полностью отключить исключения; в таких случаях вы должны будете выявлять исключительные ситуации в коде C++, например, проверять на NULL адрес, возвращённый `new()`.
- Вызывая серверные функции из кода C++, убедитесь, что в стеке вызова C++ содержатся только простые структуры данных. Это необходимо, потому что в случае ошибки сервера выполняется функция `longjmp()`, а она не отматывает стек вызовов C++ должным образом для объектов, отличных от простых структур.

Резюмируя, лучше всего поместить код C++ за ограду из функций `extern C`, которые будут доступны серверу и смогут защитить от исключений, а также потери стека вызовов и утечки памяти.

37.11. Информация для оптимизации функций

Сама по себе функция для СУБД является просто «чёрным ящиком», о поведении которого известно очень мало. Это означает, что запросы, вызывающие функции, могут выполняться гораздо менее эффективно, чем могли бы в теории. Поэтому имеется возможность сообщить планировщику дополнительные сведения о функции, которые помогут ему оптимизировать вызовы функций.

Некоторые основные факты передаются декларативным образом в команде CREATE FUNCTION; в их числе один из самых значимых — характеристика изменчивости (`IMMUTABLE`, `STABLE` или `VOLATILE`). Создавая любую функцию, очень важно правильно определить эту характеристику. Также может определяться характеристика распараллеливания (`PARALLEL UNSAFE`, `PARALLEL RESTRICTED` или `PARALLEL SAFE`), если вы рассчитываете, что эта функция будет использоваться в распараллеливаемых запросах. Кроме того, для функции может задаваться примерная стоимость выполнения и/или оценка количества строк, выдаваемого функцией, возвращающей множество. Однако декларативный способ описания двух последних фактов позволяет задать только некоторое постоянное значение, а это полезно далеко не всегда.

Но имеется также возможность связать *вспомогательную функцию для планировщика* с вызываемой из SQL функцией (она будет *целевой функцией* для первой), и передать через неё ту информацию о целевой функции, которая слишком сложна для представления в декларативном виде. Вспомогательные функции для планировщика должным быть написаны на C (хотя язык целевых функций может быть любым), что переводит их в категорию расширенных возможностей, и разрабатывать их будут относительно немногие пользователи.

Вспомогательная функция должна иметь в SQL такую сигнатуру:

```
supportfn(internal) returns internal
```

Она связывается с целевой функцией с помощью указания `SUPPORT` в команде, создающей целевую функцию.

Подробное описание API можно найти в файле `src/include/nodes/supportnodes.h` в исходном коде PostgreSQL. Здесь даётся только общее представление о том, что могут делать вспомогательные функции для планировщика. Множество запросов к вспомогательным функциям расширяемое, так что в будущих версиях у них могут появиться и другие возможности.

Некоторые вызовы функций можно упростить во время планирования, в зависимости от особенностей функции. Например, вызов `int4mul(n, 1)` можно свести просто к `n`. Преобразование такого рода может выполняться вспомогательной функцией, если она обрабатывает запросы типа `SupportRequestSimplify`. Эта вспомогательная функция будет вызываться для каждого экземпляра вызова целевой функции, найденного в дереве разобранного запроса. Если она обнаруживает, что этот конкретный вызов можно упростить и привести к другому виду, она может построить и возвратить другое дерево с изменённым выражением. Это будет автоматически работать и для операторов, основанных на функциях, — в данном примере `n * 1` будет также упрощено до `n`. (Но заметьте, что это просто иллюстрация; конкретно эту оптимизацию стандартный PostgreSQL не производит). При этом не гарантируется, что PostgreSQL никогда не вызовет целевую функцию в случаях, которые может упростить вспомогательная функция. С учётом этого важно обеспечить строгую идентичность упрощённого выражения фактическому выполнению целевой функции.

Для целевой функции, возвращающей значение `boolean`, часто бывает полезно оценить, какой процент строк будет выбран предложением `WHERE`, в котором вызывается эта функция. Эту оценку позволяет получить вспомогательная функция, обрабатывающая запросы типа `SupportRequestSelectivity`.

Если алгоритм работы целевой функции значительно меняется в зависимости от её аргументов, для неё может иметь смысл вычислять переменную оценку стоимости. Это можно сделать, реализовав вспомогательную функцию, которая будет обрабатывать запросы типа `SupportRequestCost`.

Для целевой функции, возвращающей множество, часто полезно иметь переменную оценку числа выдаваемых строк. Реализовать это позволяет вспомогательная функция, обрабатывающая запросы типа `SupportRequestRows`.

Для целевой функции, возвращающей значение `boolean`, может существовать возможность преобразовать вызов функции в условии `WHERE` в предложение(я) с индексируемыми операторами. Преобразованные предложения должны быть в точности идентичны условию функции либо могут быть несколько менее строгими (то есть они могут принимать некоторые значения, не удовлетворяющие условию с функцией). В последнем случае условие с индексом считается *неточным*; оно может использоваться для поиска по индексу, но для каждой строки, полученной при таком поиске, должна вызываться функция, чтобы точно определить, удовлетворяет ли строка условию `WHERE`. Для создания таких условий вспомогательная функция должна обрабатывать запросы типа `SupportRequestIndexCondition`.

37.12. Пользовательские агрегатные функции

Агрегатные функции в PostgreSQL определяются в терминах *значений состояния* и *функций перехода состояния*. То есть агрегатная функция работает со значением состояния, которое меняется при обработке каждой последующей строки. Чтобы определить агрегатную функцию, нужно выбрать тип данных для значения состояния, начальное значение состояния и функцию перехода состояния. Функция перехода состояния принимает предыдущее значение состояния и входное агрегируемое значение для текущей строки и возвращает новое значение состояния. Также можно указать *функцию завершения*, на случай, если ожидаемый результат агрегатной функции отличается от данных, которые сохраняются в изменяющемся значении состояния. Функция завершения принимает конечное значение состояния и возвращает то, что она хочет вернуть в виде результата агрегирования. В принципе, функции перехода и завершения представляют собой просто обычные функции, которые также могут применяться вне контекста агрегирования. (На практике для большей производительности часто создаются специализированные функции перехода, которые работают, только когда вызываются при агрегировании.)

Таким образом, помимо типов данных аргументов и результата, с которыми имеет дело пользователь агрегатной функции, есть также тип данных внутреннего состояния, который может отличаться от этих типов.

Если мы определяем агрегат, не использующий функцию завершения, наш агрегат будет вычислять бегущее значение функции по столбцам каждой строки. Примером такой агрегатной функции является `sum`. Вычисление `sum` начинается с нуля, а затем к накапливаемой сумме всегда прибавляется значение из текущей строки. Например, если мы хотим сделать агрегатную функцию `sum` для комплексных чисел, нам потребуется только функция сложения для такого типа данных. Такая агрегатная функция может быть определена так:

```
CREATE AGGREGATE sum (complex)
(
    sfunc = complex_add,
    stype = complex,
    initcond = '(0,0)'
);
```

Использовать её можно будет так:

```
SELECT sum(a) FROM test_complex;

   sum
-----------
 (34,53.9)
```

(Заметьте, что мы задействуем перегрузку функций: в системе есть несколько агрегатных функций с именем `sum`, но PostgreSQL может определить, какая именно из них применима к столбцу типа `complex`.)

Определённая выше функция `sum` вернёт ноль (начальное значение состояния), если в наборе данных не окажется значений, отличных от NULL. У нас может возникнуть желание вернуть NULL в этом случае — стандарт SQL требует, чтобы `sum` работала так. Мы можем добиться этого, просто опустив фразу `initcond`, так что начальным значением состояния будет NULL. Обычно это будет означать, что в `sfunc` придётся проверять входное значение состояния на NULL. Но для `sum` и некоторых других простых агрегатных функций, как `max` и `min`, достаточно вставить в переменную состояния первое входное значение не NULL, а затем начать применять функцию перехода со следующего значения не NULL. PostgreSQL сделает это автоматически, если начальное значение состояние равно NULL и функция перехода помечена как «strict» (то есть не должна вызываться для аргументов NULL).

Ещё одна особенность поведения по умолчанию «строгой» функции перехода — предыдущее значение состояния остаётся без изменений, когда встречается значение NULL. Другими словами, значения NULL игнорируются. Если вам нужно другое поведение для входных значений NULL, не объявляйте свою функцию перехода строгой (strict); вместо этого, проверьте в ней поступающие значения на NULL и обработайте их, как требуется.

Функция `avg` (вычисляющая среднее арифметическое) представляет собой более сложный пример агрегатной функции. Ей необходимы два компонента текущего состояния: сумма входных значений и их количество. Окончательный результат получается как частное этих величин. При реализации этой функции для значения состояния обычно используется массив. Например, встроенная реализация `avg(float8)` выглядит так:

```
CREATE AGGREGATE avg (float8)
(
    sfunc = float8_accum,
    stype = float8[],
    finalfunc = float8_avg,
    initcond = '{0,0,0}'
);
```

Примечание

Функция `float8_accum` принимает массив из трёх, а не двух элементов, так как в дополнение к количеству и сумме значений она подсчитывает ещё сумму их квадратов. Это сделано для того, чтобы её можно было применять для `avg` и для некоторых других агрегатных функций.

Вызовы агрегатных функций SQL допускают указания `DISTINCT` и `ORDER BY`, которые определяют, какие строки и в каком порядке будут поступать в функцию перехода агрегата. Это реализовано на заднем плане и непосредственно не затрагивает функции, поддерживающие работу агрегата.

За дополнительными подробностями обратитесь к описанию CREATE AGGREGATE.

37.12.1. Режим движущегося агрегата

Агрегатные функции могут дополнительно поддерживать *режим движущегося агрегата*, который позволяет значительно быстрее выполнять агрегатные функции в окнах со сдвигающимся началом рамки. (За информацией об использовании агрегатных функций в качестве оконных обратитесь к Разделу 3.5 и Подразделу 4.2.8.) Основная идея состоит в том, что помимо добавления обычной функции перехода «вперёд», для агрегатной функции задаётся *функция обратного перехода*, которая позволяет убирать строки из накапливаемого значения состояния, когда они покидают рамку окна. Например, для `sum` в качестве функции прямого перехода выполняется сложение, а в качестве функции обратного перехода выполняется вычитание. Без функции обратного перехода механизм оконных функций вынужден вычислять агрегат заново при каждом перемещении начала рамки, в результате чего время обработки оказывается пропорциональным количеству входных строк, помноженному на средний размер рамки. С функцией обратного перехода это время пропорционально только количеству входных строк.

Функции обратного перехода передаётся текущее значение состояния и агрегируемое входное значение(я) для строки, ранее учтённой в текущем состоянии. Она должна восстановить то значение состояния, которое было бы получено, если бы эта строка не агрегировалась, но агрегировались все последующие. Иногда для этого нужно, чтобы функция обратного перехода сохраняла больше информации о состоянии, чем это требуется для простого режима агрегирования. Таким образом, для режима движущегося агрегата используется реализация, отличная от простого режима: для него определяется отдельный тип данных, отдельная функция прямого перехода и отдельная функция завершения, при необходимости. Они могут совпадать с типом данных и аналогичными функциями обычного режима, если в дополнительном состоянии необходимости нет.

В качестве примера мы можем доработать показанную выше агрегатную функцию `sum`, чтобы она поддерживала режим движущегося агрегата так:

```
CREATE AGGREGATE sum (complex)
```

```
(
    sfunc = complex_add,
    stype = complex,
    initcond = '(0,0)',
    msfunc = complex_add,
    minvfunc = complex_sub,
    mstype = complex,
    minitcond = '(0,0)'
);
```

Параметры, имена которых начинаются с `m`, определяют реализацию для движущегося агрегата. За исключением функции обратного перехода, `minvfunc`, они соответствуют параметрам обычного агрегата без `m`.

Функции прямого перехода в режиме движущегося агрегата не разрешено возвращать NULL в качестве нового значения состояния. Если функция обратного перехода возвращает NULL, это воспринимается как признак того, что она не может восстановить предыдущее состояние для полученных данных, и значит, агрегатное вычисление нужно производить заново с текущей позиции начала рамки. Это соглашение позволяет применять режим движущегося агрегата и в ситуациях, когда прокручивать назад значение состояния непрактично. Функция обратного перехода может «спасовать» в таких случаях, но включаться в работу, насколько это возможно в большинстве случаев. Например, агрегатная функция, работающая с числами с плавающей точкой, может спасовать, когда от неё потребуется убрать значение `NaN` (не число, not a number) из текущего значения состояния.

Разрабатывая функции, реализующие режим движущегося агрегата, важно, чтобы функция обратного перехода могла восстановить в точности требуемое значение состояния. Иначе в результатах могут проявляться различия в зависимости от того, использовался ли режим движущегося агрегата. Например, на первый взгляд может показаться, что легко добавить функцию обратного перехода для сложения, но заявленное требование не будет выполняться для `sum` с типом `float4` или `float8`. Наивное объявление `sum(float8)` может быть таким:

```
CREATE AGGREGATE unsafe_sum (float8)
(
    stype = float8,
    sfunc = float8pl,
    mstype = float8,
    msfunc = float8pl,
    minvfunc = float8mi
);
```

Однако такой агрегат может выдавать результаты, радикально отличающиеся от тех, что он выдавал бы без функции обратного перехода. Например, рассмотрите запрос

```
SELECT
  unsafe_sum(x) OVER (ORDER BY n ROWS BETWEEN CURRENT ROW AND 1 FOLLOWING)
FROM (VALUES (1, 1.0e20::float8),
             (2, 1.0::float8)) AS v (n,x);
```

Он возвращает `0` в качестве второго результата, а не ожидаемое значение `1`. Это связано с ограниченной точностью значений с плавающей точкой: при добавлении `1` к `1e20` снова получается `1e20`, а при вычитании `1e20` из результата получается `0`, а не `1`. Заметьте, что это принципиальное ограничение арифметики чисел с плавающей точкой, а не недостаток PostgreSQL.

37.12.2. Агрегатные функции с полиморфными и переменными аргументами

Агрегатная функция может использовать полиморфные функции перехода состояния или функции завершения, так что эти функции могут применяться для реализации нескольких агрегатов. За объяснением полиморфных функций обратитесь к Подразделу 37.2.5. Более того, сама агрегатная функция может описываться с полиморфными типами входных данных и состояния, так что одно определение агрегатной функции может служить для использования с разными типами данных. Пример полиморфного агрегата:

```
CREATE AGGREGATE array_accum (anyelement)
(
    sfunc = array_append,
    stype = anyarray,
    initcond = '{}'
);
```

Здесь фактическим типом состояния для любого конкретного агрегатного вызова будет массив, элементы которого будут иметь тип входных данных. Действие данного агрегата заключается в накоплении всех входных значений в массиве этого типа. (К вашему сведению: встроенная агрегатная функция `array_agg` обеспечивает подобную функциональность, но работает быстрее, чем могла бы функция с приведённым определением.)

Так будут выглядеть результаты с аргументами двух различных типов:

```
SELECT attrelid::regclass, array_accum(attname)
    FROM pg_attribute
    WHERE attnum > 0 AND attrelid = 'pg_tablespace'::regclass
    GROUP BY attrelid;

   attrelid    |              array_accum
---------------+---------------------------------------
 pg_tablespace | {spcname,spcowner,spcacl,spcoptions}
(1 row)

SELECT attrelid::regclass, array_accum(atttypid::regtype)
    FROM pg_attribute
    WHERE attnum > 0 AND attrelid = 'pg_tablespace'::regclass
    GROUP BY attrelid;

   attrelid    |        array_accum
---------------+---------------------------
 pg_tablespace | {name,oid,aclitem[],text[]}
(1 row)
```

Обычно агрегатная функция с полиморфным типом результата имеет и полиморфный тип состояния, как в предыдущем примере. Это необходимо, так как иначе нельзя будет объявить функцию завершения: она должна будет иметь полиморфный тип результата, но не будет иметь полиморфного аргумента, что команда `CREATE FUNCTION` не примет на основании того, что тип результата нельзя будет определить при вызове. Но иметь полиморфный тип состояния не всегда удобно. Чаще всего эта проблема возникает, когда функции реализации агрегата пишутся на C и тип состояния должен объявляться как `internal`, так как для него нет соответствующего типа на уровне SQL. Чтобы решить эту проблему, можно объявить функцию завершения как принимающую дополнительные фиктивные аргументы, соответствующие входным аргументам агрегата. В этих фиктивных аргументах всегда передаются значения NULL, так как при вызове функции завершения какое-либо определённое значение отсутствует. Единственное их предназначение — позволить связать тип результата полиморфной функции завершения с типом входных данных агрегата. Например, определение встроенного агрегата `array_agg` выглядит так:

```
CREATE FUNCTION array_agg_transfn(internal, anynonarray)
  RETURNS internal ...;
CREATE FUNCTION array_agg_finalfn(internal, anynonarray)
  RETURNS anyarray ...;

CREATE AGGREGATE array_agg (anynonarray)
(
    sfunc = array_agg_transfn,
```

```
    stype = internal,
    finalfunc = array_agg_finalfn,
    finalfunc_extra
);
```

Здесь параметр finalfunc_extra указывает, что функция завершения помимо значения состояния получит дополнительные фиктивные аргументы, соответствующие входным аргументам агрегата. Дополнительный аргумент anynonarray позволяет сделать объявление array_agg_finalfn допустимым.

Агрегатную функцию можно сделать принимающей переменное число аргументов, объявив её последний аргумент как массив VARIADIC, в том же ключе, как и обычную функцию; см. Подраздел 37.5.5. При этом у функций перехода агрегата их последний аргумент должен иметь тот же тип массива. Такие функции обычно также объявляются как VARIADIC, но строго это не требуется.

> **Примечание**
>
> Агрегатные функции с переменными аргументами легко допускают ошибочное использование в сочетании с указанием ORDER BY (см. Подраздел 4.2.7), так как анализатор запроса не может определить, было ли передано нужное количество фактических параметров в такой комбинации. Помните, что всё, находящееся справа от ORDER BY, является ключом сортировки, а не аргументом агрегатной функции. Например, в
>
> ```
> SELECT myaggregate(a ORDER BY a, b, c) FROM ...
> ```
>
> анализатор запроса увидит один агрегатный аргумент функции и три ключа сортировки. Однако пользователь мог подразумевать и следующее:
>
> ```
> SELECT myaggregate(a, b, c ORDER BY a) FROM ...
> ```
>
> Если функция myaggregate принимает переменные аргументы, оба эти вызова будут вполне допустимы.
>
> По этой же причине, стоит подумать дважды, прежде чем создавать агрегатные функции с одинаковыми именами, но разным числом обычных аргументов.

37.12.3. Сортирующие агрегатные функции

Описанные выше агрегатные функции были «обычными» агрегатами. Но PostgreSQL также поддерживает *сортирующие агрегатные функции*, которые имеют два отличия от обычных. Во-первых, в дополнение к обычным агрегируемым аргументам, вычисляемых для каждой входной строки, сортирующий агрегат может иметь «непосредственные» аргументы, которые должны вычисляться в операции агрегирования только один раз. Во-вторых, для обычных агрегируемых аргументов порядок их сортировки задаётся явно, а сортирующий агрегат обычно выполняет вычисления, зависящие от конкретного порядка строк, например, вычисляет ранг или процентиль, так что порядок сортировки критичен для каждого вызова. Например, встроенное определение функции percentile_disc равнозначно следующему:

```
CREATE FUNCTION ordered_set_transition(internal, anyelement)
  RETURNS internal ...;
CREATE FUNCTION percentile_disc_final(internal, float8, anyelement)
  RETURNS anyelement ...;

CREATE AGGREGATE percentile_disc (float8 ORDER BY anyelement)
(
    sfunc = ordered_set_transition,
    stype = internal,
    finalfunc = percentile_disc_final,
    finalfunc_extra
```

```
);
```

Этот агрегат принимает непосредственный аргумент float8 (дробь процентиля) и агрегируемые данные, которые могут быть любого упорядочиваемого типа. Используя его, можно рассчитать средний семейный доход следующим образом:

```
SELECT percentile_disc(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY income) FROM households;
 percentile_disc
-----------------
           50489
```

В данном случае 0.5 — это непосредственный аргумент; если бы дробь процентиля менялась от строки к строке, это не имело бы смысла.

В отличие от случая с обычными агрегатами, сортировка входных строк для сортирующего агрегата *не* выполняется на заднем плане, а является задачей функций, реализующих агрегат. Типичная реализация такого агрегата заключается в сохранении ссылки на объект «tuplesort» в значении состояния агрегата, загрузке поступающих строк в этот объект, и собственно окончании сортировки и выдачи данных в функции завершения. При такой организации обработки функция завершения может выполнять специальные операции, в частности, вставлять дополнительные «гипотетические» строки в сортируемые данные. Тогда как обычные агрегаты часто реализуются функциями, написанными на PL/pgSQL или другом процедурном языке, сортирующие агрегатные функции, как правило, должны быть написаны на C, так как их значение состояния нельзя выразить каким-либо типом данных SQL. (Обратите внимание, что в приведённом выше примере значение состояния объявлено как имеющее тип internal — это типичный вариант.) И вследствие того, что сортировку выполняет функция завершения, нельзя возобновить добавление входных строк, продолжая вызывать функцию перехода. Это означает, что функция завершения не может иметь характеристику READ_ONLY; она должна объявляться командой CREATE AGGREGATE с характеристикой READ_WRITE или SHAREABLE (если она позволяет при последующих вызовах функции завершения использовать уже отсортированное состояние).

Функция перехода состояния для сортирующего агрегата получает значение текущего состояния плюс агрегируемые входные данные для каждой строки и возвращает изменённое значение состояния. Это определение распространяется и на обычные агрегаты, но заметьте, что непосредственные аргументы (если они есть) при этом не передаются. Функция завершения же получает последнее значение состояния и значения непосредственных аргументов (если они есть), а также (если присутствует указание finalfunc_extra) значения NULL, соответствующие агрегируемым данным. С обычными агрегатами указание finalfunc_extra действительно полезно, только если агрегат полиморфный; тогда дополнительные фиктивные аргументы необходимы, чтобы связать тип результата функции завершения с типом(ами) входных данных агрегата.

В настоящее время сортирующие агрегаты не могут использоваться в качестве оконных функций, поэтому от них поддержка режима движущегося агрегата не требуется.

37.12.4. Частичное агрегирование

Дополнительно агрегатная функция может поддерживать *частичное агрегирование*. Идея такого агрегирования в том, чтобы вызывать функции перехода состояния для различных подмножеств входных данных независимо, а затем комбинировать значения состояния, вычисленные по этим подмножествам, и получать тот же результат, что был бы получен при сканировании сразу всех входных данных. Этот режим может применяться для параллельного агрегирования, когда разные рабочие процессы сканируют различные части таблицы. При этом каждый рабочий процесс выдаёт частичное значение состояния, а в конце эти значения комбинируются вместе и получается окончательное значение состояния. (В будущем этот режим может также применяться, например для комбинированного агрегирования локальных и удалённых таблиц, но пока это не реализовано.)

Для поддержки частичного агрегирования в определении агрегатной функции должна задаваться *комбинирующая функция*, принимающая два значения типа состояния агрегата (представляющие результаты агрегирования по двум подмножествам входных строк) и выдающая новое значение типа состояния, представляющее то состояние, которое было бы получено при агрегировании совокупности этих подмножеств строк. При этом относительный порядок входных строк в этих двух множествах не оговаривается. Это значит, что для агрегатных функций, зависящих от порядка входных строк, обычно невозможно определить осмысленную комбинирующую функцию.

В качестве простого примера, частичное агрегирование могут поддерживать функции `MAX` и `MIN`, если задать в качестве комбинирующей соответственно функцию сравнения значений большее-из-двух или меньшее-из-двух, ту же, что они используют и как функцию перехода. Для `SUM` комбинирующей функцией будет просто функция сложения. (И это опять же функция перехода, если только значение состояния не выходит за рамки типа входных данных.)

Комбинирующая функция задействуется практически так же, как функция перехода, но принимает в качестве второго аргумента значение типа состояния, а не нижележащего входного типа. В частности, на неё распространяются те же правила строгости функции и передачи значений NULL. Также учтите, что если в определении агрегатной функции задаётся отличное от NULL значение `initcond`, оно будет задавать начальное состояние не только для каждого прохода частичного агрегирования, но также и начальное состояние для комбинирующей функции, которая будет вызываться для комбинирования каждого частичного результата в этом состоянии.

Если типом состояния агрегатной функции выбран `internal`, комбинирующая функция отвечает за то, чтобы её результат был помещён в контекст памяти, подходящий для значений агрегатного состояния. В частности это значит, что, получив в первом аргументе `NULL`, нельзя просто возвратить второй аргумент, так как это значение окажется в неверном контексте и не просуществует достаточное время.

Когда типом состояния агрегатной функции выбран `internal`, обычно в определении агрегатной функции также уместно задать *функцию сериализации* и *функцию десериализации*, которые позволяют копировать значение состояния из одного процесса в другой. Без этих функций параллельное агрегирование невозможно, а также вероятно не будут работать такие будущие приложения, как локальное/удалённое агрегирование.

Функция сериализации должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать результат типа `bytea`, представляющий значение состояния, упакованное в плоский набор байтов. Функция десериализации, напротив, обращает это преобразование. Она должна принимать два аргумента типов `bytea` и `internal` и возвращать результат типа `internal`. (Второй её аргумент не используется и всегда равен нулю, но он требуется из соображений типобезопасности.) Результат функции десериализации следует просто разместить в текущем контексте памяти, так как в отличие от результата комбинирующей функции он недолговечен.

Также стоит заметить, что для выполнения агрегатной функции в параллельном режиме она должна иметь характеристику `PARALLEL SAFE` (безопасная для распараллеливания). Характеристики допустимости распараллеливания её опорных функций значения не имеют.

37.12.5. Вспомогательные функции для агрегатов

Функция, написанная на C, может определить, была ли она вызвана как вспомогательная функция агрегирования, вызвав `AggCheckCallContext`, например, так:

```
if (AggCheckCallContext(fcinfo, NULL))
```

Смысл такой проверки в том, что в случае положительного её результата первым входным аргументом является временное значение состояния, которое можно безопасно модифицировать на месте, не создавая новую копию. Пример вы можете увидеть в функции `int8inc()`. (Хотя агрегатные функции перехода всегда могут изменить непосредственно переходное значение, агрегатные функции завершения должны избегать этого; если они это делают, такое поведение должно отмечаться при создании агрегата. За дополнительными подробностями обратитесь к CREATE AGGREGATE.)

Второй аргумент `AggCheckCallContext` можно использовать, чтобы получить контекст памяти, в котором содержатся значения агрегатного состояния. Это полезно для функций перехода, которые желают использовать «развёрнутые» объекты (см. Подраздел 37.13.1) в качестве значений состояния. При первом вызове такая функция перехода должна возвратить развёрнутый объект в контексте памяти, относящемся к контексту состояния агрегата, а затем продолжать возвращать тот же объект при последующих вызовах. Например, эту логику можно увидеть в функции `array_append()`. (Функция `array_append()` не используется в качестве перехода никаким встроенным агрегатом, но она написана так, чтобы работать эффективно в таком качестве в дополнительном агрегате.)

Ещё одна вспомогательная подпрограмма, предназначенная для агрегатных функций, написанных на C, называется `AggGetAggref`. Эта функция возвращает узел разбора `Aggref`, описывающий вызов агрегата. Это в основном полезно для сортирующих агрегатов, которые могут исследовать структуру узла `Aggref` и выяснить, какой порядок сортировки они должны реализовать. Примеры использования можно найти в `orderedsetaggs.c` в исходном коде PostgreSQL.

37.13. Пользовательские типы

Как описывалось в Разделе 37.2, PostgreSQL может расширяться и поддерживать новые типы данных. В этом разделе описывается, как определить новые базовые типы, то есть типы данных, описанные ниже уровня языка SQL. Для создания нового базового типа необходимо реализовать функции, работающие с этим типом, на языке низкого уровня, обычно C.

Примеры, рассматриваемые в этой главе, можно найти в `complex.sql` и в `complex.c` в каталоге `src/tutorial` пакета с исходным кодом. Инструкции по запуску этих примеров можно найти в файле `README` в том же каталоге.

Пользовательский тип должен всегда иметь функции ввода и вывода. Эти функции определяют, как тип будет выглядеть в строковом виде (при вводе и выводе для пользователя) и как этот тип размещается в памяти. Функция ввода принимает в качестве аргумента строку символов, заканчивающуюся нулём, и возвращает внутреннее представление типа (в памяти). Функция вывода принимает в качестве аргумента внутреннее представление типа и возвращает строку символов, заканчивающуюся нулём. Если мы хотим не просто сохранить тип, но делать с ним нечто большее, мы должны предоставить дополнительные функции, реализующие все операции, которые мы хотели бы иметь для этого типа.

Предположим, что нам нужен тип `complex`, представляющий комплексные числа. Естественным образом комплексное число можно представить в памяти в виде следующей структуры C:

```
typedef struct Complex {
    double      x;
    double      y;
} Complex;
```

Нам нужно будет передавать этот тип по ссылке, так как он слишком велик, чтобы уместиться в одном значении `Datum`.

В качестве внешнего строкового представления типа мы выберем строку вида `(x,y)`.

Функции ввода и вывода обычно несложно написать, особенно функцию вывода. Но определяя внешнее строковое представление типа, помните, что в конце концов вам придётся реализовать законченный и надёжный метод разбора этого представления в функции ввода. Например, так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_in);

Datum
complex_in(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    char       *str = PG_GETARG_CSTRING(0);
    double      x,
                y;
    Complex    *result;
```

```
    if (sscanf(str, " ( %lf , %lf )", &x, &y) != 2)
        ereport(ERROR,
                (errcode(ERRCODE_INVALID_TEXT_REPRESENTATION),
                 errmsg("invalid input syntax for type %s: \"%s\"",
                        "complex", str)));

    result = (Complex *) palloc(sizeof(Complex));
    result->x = x;
    result->y = y;
    PG_RETURN_POINTER(result);
}
```

Функция вывода может быть простой:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_out);

Datum
complex_out(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex    *complex = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
    char       *result;

    result = psprintf("(%g,%g)", complex->x, complex->y);
    PG_RETURN_CSTRING(result);
}
```

Вам нужно позаботиться о том, чтобы функции ввода и вывода были обратными друг к другу. В противном случае вы столкнётесь с проблемами, когда вам потребуется выгрузить данные в файл, а затем прочитать их. Это особенно распространённая проблема, когда дело касается чисел с плавающей точкой.

Дополнительно пользовательский тип может предоставлять функции для ввода и вывода в двоичном виде. Двоичный ввод/вывод обычно работает быстрее, но хуже портируется, чем текстовый. Как и с текстовым представлением, выбор, каким будет двоичное представление, остаётся за вами. Многие встроенные типы данных стараются обеспечить двоичное представление, независимое от машинной архитектуры. Для типа `complex` мы воспользуемся функциями двоичного ввода/вывода типа `float8`:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_recv);

Datum
complex_recv(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    StringInfo  buf = (StringInfo) PG_GETARG_POINTER(0);
    Complex    *result;

    result = (Complex *) palloc(sizeof(Complex));
    result->x = pq_getmsgfloat8(buf);
    result->y = pq_getmsgfloat8(buf);
    PG_RETURN_POINTER(result);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_send);

Datum
complex_send(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex    *complex = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
```

```
    StringInfoData buf;

    pq_begintypsend(&buf);
    pq_sendfloat8(&buf, complex->x);
    pq_sendfloat8(&buf, complex->y);
    PG_RETURN_BYTEA_P(pq_endtypsend(&buf));
}
```

Написав функции ввода/вывода и скомпилировав их в разделяемую библиотеку, мы можем определить тип `complex` в SQL. Сначала мы объявим его как тип-пустышку:

```
CREATE TYPE complex;
```

Это позволит нам ссылаться на этот тип, определяя для него функции ввода/вывода. Теперь мы определим функции ввода/вывода:

```
CREATE FUNCTION complex_in(cstring)
    RETURNS complex
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION complex_out(complex)
    RETURNS cstring
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION complex_recv(internal)
   RETURNS complex
   AS 'имя_файла'
   LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE FUNCTION complex_send(complex)
   RETURNS bytea
   AS 'имя_файла'
   LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Наконец, мы можем предоставить полное определение типа данных:

```
CREATE TYPE complex (
   internallength = 16,
   input = complex_in,
   output = complex_out,
   receive = complex_recv,
   send = complex_send,
   alignment = double
);
```

Когда определяется новый базовый тип, PostgreSQL автоматически обеспечивает поддержку массивов с элементами такого типа. Тип массива обычно получает имя по имени базового типа с добавленным спереди символом подчёркивания (_).

Когда тип данных определён, мы можем объявить дополнительные функции для выполнения полезных операций с этим типом. Затем поверх этих функций могут быть определены операторы, а если потребуется, и классы операторов, для поддержки индексации этого типа. Эти дополнительные уровни обсуждаются в следующих разделах.

Если внутреннее представление типа данных имеет переменную длину, оно должно соответствовать стандартной схеме данных переменной длины: первые четыре байта должно занимать поле `char[4]`, к которому никогда не следует обращаться напрямую (по обыкновению названное `vl_len_`). Чтобы сохранить в этом поле размер элемента (включая длину самого поля), вы должны использовать макрос `SET_VARSIZE()`, а чтобы получить его — макрос `VARSIZE()`. (Эти макросы нужны, потому что поле длины может кодироваться по-разному на разных платформах.)

За дополнительными подробностями обратитесь к команде CREATE TYPE.

37.13.1. Особенности TOAST

Если значения вашего типа данных могут быть разного размера (во внутренней форме), обычно для такого типа желательно реализовать поддержку TOAST (см. Раздел 69.2). Это следует делать, даже если значения слишком малы для сжатия или внешнего хранения, так как TOAST позволяет сэкономить пространство и с данными маленького размера, сокращая издержки в заголовке.

Для поддержки хранения TOAST функции на C, работающие с таким типом данных, должны позаботиться о распаковке поступивших им данных, используя макрос `PG_DETOAST_DATUM`. (Эту внутреннюю особенность обычно скрывает дополнительный, определяемый для типа макрос `GETARG_DATATYPE_P`.) Затем, выполняя команду `CREATE TYPE`, укажите в качестве внутренней длины `variable` и выберите подходящий вариант хранения (не `plain`).

Если выравнивание данных не имеет значения (либо только для некоторой функции, либо потому что для типа данных в любом случае применяется выравнивание по байтам), некоторых издержек, связанных с макросом `PG_DETOAST_DATUM`, можно избежать. Вместо него можно использовать `PG_DETOAST_DATUM_PACKED` (его обычно скрывает определяемый для типа макрос `GETARG_DATATYPE_PP`) и воспользоваться макросами `VARSIZE_ANY_EXHDR` и `VARDATA_ANY` для обращения к потенциально сжатым данным. Стоит ещё раз отметить, что данные, возвращаемые этими макросами, не выравниваются, даже если выравнивание задано в определении типа. Если выравнивание важно, вы должны задействовать обычный интерфейс `PG_DETOAST_DATUM`.

Примечание

В старом коде поле `vl_len_` часто объявлялось как `int32`, а не `char[4]`. Это ничем не чревато до той поры, пока в определении структуры имеются другие поля с выравниванием как минимум `int32`. Но с потенциально невыровненными данными такое определение структуры опасно; компилятор может воспринять его как право полагать, что данные выровнены, что может привести к аварийным сбоям в архитектурах, строгих к выравниванию.

Поддержка TOAST даёт также возможность иметь *развёрнутое* представление данных в памяти, работать с которым будет удобнее, чем с форматом хранения на диске. Обычный или «плоский» формат хранения varlena в конце концов представляет собой просто набор байт; он не может содержать указатели, так как эти байты могут быть скопированы в другие адреса. Для сложных типов данных работать с плоским форматом данных может быть довольно дорого, так что PostgreSQL даёт возможность «развернуть» плоский формат в представление, более подходящее для вычислений, и затем передавать эту структуру в памяти функциям, работающим с этим типом.

Для использования развёрнутого хранения тип данных должен определять развёрнутый формат по правилам, описанным в `src/include/utils/expandeddatum.h`, и предоставлять функции для «разворачивания» плоского значения в этот формат, а также для «заворачивания» этого формата опять в обычное представление varlena. Затем надо добиться, чтобы все функции на C могли принимать любое представление, возможно выполняя преобразование одного в другое непосредственно при получении. Для этого не требуется исправлять сразу все существующие функции для этого типа данных, так как имеющийся стандартный макрос `PG_DETOAST_DATUM` способен преобразовывать развёрнутые входные данные в обычный плоский формат. Таким образом, все существующие функции, работающие с плоским форматом varlena продолжат работать, хотя и не очень эффективно, с развёрнутыми входными данными; их необязательно переделывать, пока не потребуется оптимизировать производительность.

Функции на C, умеющие работать с развёрнутым представлением, обычно делятся на две категории: те, что могут работать с развёрнутым форматом, и те, что могут принимать и развёрнутые, и плоские данные varlena. Первые проще написать, но они могут быть менее эффективными в целом, так как преобразование плоского значения в развёрнутую форму для использования только одной функцией может стоить больше, чем сэкономится при обработке данных в развёрнутом формате. Когда нужно работать только с развёрнутым форматом, преобразование плоских значений в развёрнутую форму можно скрыть в макросе, извлекающем аргументы, чтобы функция была не сложнее, чем работающая с традиционными входными данными varlena. Чтобы принимать оба варианта входных значений, напишите функцию извлечения аргументов, которая будет распаковывать значения с сокращённым заголовком, а также внешние и сжатые, но не развёрнутые данные. Такую функцию можно определить как возвращающую указатель на объединение плоского формата varlena и развёрнутого формата. Какой формат получен фактически, вызывающий код может определить, вызвав макрос `VARATT_IS_EXPANDED_HEADER()`.

Инфраструктура TOAST позволяет не только отличить обычные значения varlena от развёрнутых значений, но и различить указатели «для чтения/записи» и «только для чтения» на развёрнутые значения. Функции на C, которым нужно читать развёрнутое значение, или которые будут менять его безопасным и невидимым извне образом, могут не обращать внимания на тип полученного указателя. Если же функции на C выдают изменённую версию входного значения, они могут изменять развёрнутые входные данные на месте, только когда получают указатель для чтения/записи, но не когда получен указатель только для чтения. В последнем случае они должны сначала скопировать значение и получить новое значение, допускающее изменение. Функция на C, создающая новое развёрнутое значение, должна всегда возвращать указатель на него для чтения/записи. Кроме того, функция, изменяющая развёрнутое значение непосредственно по указателю для чтения/записи должна позаботиться о том, чтобы это значение осталось в приемлемом состоянии, если она отработает не полностью.

Примеры работы с развёрнутыми значениями можно найти в стандартной инфраструктуре массивов, в частности в `src/backend/utils/adt/array_expanded.c`.

37.14. Пользовательские операторы

Любой оператор представляет собой «синтаксический сахар» для вызова нижележащей функции, выполняющей реальную работу; поэтому прежде чем вы сможете создать оператор, необходимо создать нижележащую функцию. Однако оператор — *не исключительно* синтаксический сахар, так как он несёт и дополнительную информацию, помогающую планировщику запросов оптимизировать запросы с этим оператором. Рассмотрению этой дополнительной информации будет посвящён следующий раздел.

PostgreSQL поддерживает левые унарные, правые унарные и бинарные операторы. Операторы могут быть перегружены; то есть одно имя оператора могут иметь различные операторы с разным количеством и типами операндов. Когда выполняется запрос, система определяет, какой оператор вызвать, по количеству и типам предоставленных операндов.

В следующем примере создаётся оператор сложения двух комплексных чисел. Предполагается, что мы уже создали определение типа `complex` (см. Раздел 37.13). Сначала нам нужна функция, собственно выполняющая операцию, а затем мы сможем определить оператор:

```
CREATE FUNCTION complex_add(complex, complex)
    RETURNS complex
    AS 'имя_файла', 'complex_add'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE OPERATOR + (
    leftarg = complex,
    rightarg = complex,
    function = complex_add,
    commutator = +
);
```

Теперь мы можем выполнить такой запрос:

```
SELECT (a + b) AS c FROM test_complex;

        c
-----------------
 (5.2,6.05)
 (133.42,144.95)
```

Мы продемонстрировали создание бинарного оператора. Чтобы создать унарный оператор, просто опустите `leftarg` (для левого унарного) или `rightarg` (для правого унарного). Обязательными в `CREATE OPERATOR` являются только предложение `function` и объявления аргументов. Предложение `commutator`, добавленное в данном примере, представляет необязательную подсказку для оптимизатора запросов. Подробнее о `commutator` и других подсказках для оптимизатора рассказывается в следующем разделе.

37.15. Информация для оптимизации операторов

Определение оператора в PostgreSQL может включать различные дополнительные предложения, которые сообщают системе полезные сведения о поведении оператора. Старайтесь задавать эти предложения при возможности, так как они могут значительно ускорить выполнение запросов, использующих данный оператор. Но если вы задаёте их, убедитесь, что они корректны! Неправильное применение предложений оптимизации может привести к замедлению запросов, неочевидным ошибочным результатам и другим неприятностям. Если вы не уверены в правильности предложения оптимизации, лучше вовсе не использовать его; единственным последствием будет то, что запросы будут работать медленнее, чем могли бы.

В будущих версиях PostgreSQL могут быть добавлены и другие предложения. Здесь описываются те, что поддерживаются версией 13.22.

Также для функции, реализующей оператор, имеется возможность добавить вспомогательную функцию для планировщика, которая будет передавать другую информацию о поведении оператора. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.11.

37.15.1. `COMMUTATOR`

Предложение `COMMUTATOR`, если представлено, задаёт оператор, коммутирующий для определяемого. Оператор A является коммутирующим для оператора B, если (x A y) равняется (y B x) для всех возможных значений x, y. Заметьте, что B также будет коммутирующим для A. Например, операторы `<` и `>` для конкретного типа данных обычно являются коммутирующими друг для друга, а оператор `+` — коммутирующий для себя. Но традиционный оператор `-` коммутирующего не имеет.

Тип левого операнда оператора должен совпадать с типом правого операнда коммутирующего для него оператора, и наоборот. Поэтому имя коммутирующего оператора — это всё, что PostgreSQL должен знать, чтобы найти коммутатор, и всё, что нужно указать в предложении `COMMUTATOR`.

Информация о коммутирующих операторах крайне важна для операторов, которые будут применяться в индексах и условиях соединения, так как, используя её, оптимизатор запросов может «переворачивать» такие выражения и получать формы, необходимые для разных типов планов. Например, рассмотрим запрос с предложением WHERE `tab1.x = tab2.y`, где `tab1.x` и `tab2.y` имеют пользовательский тип, и предположим, что у нас есть индекс по столбцу `tab2.y`. Оптимизатор сможет задействовать сканирование по индексу, только если ему удастся перевернуть выражение `tab2.y = tab1.x`, так как механизм сканирования по индексу ожидает, что индексируемый столбец находится слева от оператора. PostgreSQL сам по себе *не* будет полагать, что такое преобразование возможно — это должен определить создатель оператора `=`, добавив информацию о коммутирующем операторе.

Когда вы определяете оператор, коммутирующий сам для себя, вы делаете именно это. Если же вы определяете пару коммутирующих операторов, возникает небольшое затруднение: как оператор, определяемый первым, может ссылаться на другой, ещё не определённый? Есть два решения этой проблемы:

- Во-первых, можно опустить предложение `COMMUTATOR` для первого оператора, который вы определяете, а затем добавить его в определении второго. Так как PostgreSQL знает, что коммутирующие операторы связаны парами, встречая второе определение, он автоматически возвращается к первому и добавляет в него недостающее предложение `COMMUTATOR`.
- Во-вторых, можно добавить предложение `COMMUTATOR` в оба определения. Когда PostgreSQL обрабатывает первое определение и видит, что `COMMUTATOR` ссылается на несуществующий оператор, в системном каталоге создаётся фиктивная запись для этого оператора. В этой фиктивной записи актуальны будут только имя оператора, типы левого и правого операндов, а также тип результата, так как это всё, что PostgreSQL может определить в этот момент. Запись первого оператора будет связана с этой фиктивной записью. Затем, когда вы определите второй оператор, система внесёт в эту фиктивную запись дополнительную информацию из второго определения. Если вы попытаетесь применить фиктивный оператор, прежде чем он будет полностью определён, вы просто получите сообщение об ошибке.

37.15.2. NEGATOR

Предложение `NEGATOR`, если присутствует, задаёт оператор, обратный к определяемому. Оператор A является обратным к оператору B, если они оба возвращают логический результат и (x A y) равняется NOT (x B y) для всех возможных x, y. Заметьте, что B так же является обратным к A. Например, операторы `<` и `>=` составляют пару обратных друг к другу для большинства типов данных. Никакой оператор не может быть обратным к себе же.

В отличие от коммутирующих операторов, два унарных оператора вполне могут быть обратными к друг другу; это будет означать, что (A x) равняется NOT (B x) для всех x (и для правых унарных операторов аналогично).

У оператора, обратного данному, типы левого и/или правого операнда должны соответствовать типам данного оператора, так же как и с предложением `COMMUTATOR`; отличие только в том, что имя оператора задаётся в предложении `NEGATOR`.

Указание обратного оператора очень полезно для оптимизатора запросов, так как это позволяет упростить выражение вида `NOT (x = y)` до `x <> y`. Такие выражения не так редки, как может показаться, так как операции `NOT` могут добавляться автоматически в результате реорганизаций выражений.

Пару обратных операторов можно определить теми же способами, что были описаны ранее для пары коммутирующих.

37.15.3. RESTRICT

Предложение `RESTRICT`, если представлено, определяет функцию оценки избирательности ограничения для оператора. (Заметьте, что в нём задаётся имя функции, а не оператора.) Предложения `RESTRICT` имеют смысл только для бинарных операторов, возвращающих `boolean`. Идея оценки избирательности ограничения заключается в том, чтобы определить, какой процент строк в таблице будет удовлетворять условию `WHERE` вида:

```
column OP constant
```

для текущего оператора и определённого значения константы. Это помогает оптимизатору примерно определить, сколько строк будет исключено предложениями `WHERE` такого вида. (ВЫ спросите, а что если константа находится слева? Ну, собственно для таких случаев и задаётся `COMMUTATOR`...)

Рамки данной главы не позволяют описать разработку новых функций оценки избирательности ограничения, но обычно можно использовать один из стандартных системных оценщиков для большинства дополнительных операторов. Стандартные оценщики ограничений следующие:

`eqsel` для `=`
`neqsel` для `<>`

`scalarltsel` для <
`scalarlesel` для <=
`scalargtsel` для >
`scalargesel` для >=

Часто вы можете обойтись функциями `eqsel` и `neqsel` для операторов с очень высокой или низкой избирательностью, даже если это не операторы собственно равенства или неравенства. Например, геометрические операторы приблизительного равенства используют `eqsel` в предположении, что соответствующие (равные) элементы будут составлять только небольшой процент от всех записей таблицы.

Функции `scalarltsel`, `scalarlesel`, `scalargtsel` и `scalargesel` можно использовать для сравнений с типами данных, которые могут быть каким-либо осмысленным образом преобразованы в числовые скалярные значения для сравнения диапазонов. Если возможно, добавьте свой тип данных в число типов, которые понимает функция `convert_to_scalar()`, реализованная в `src/backend/utils/adt/selfuncs.c`. (Когда-нибудь на смену ей придут специализированные функции, которые будут устанавливаться для конкретных типов в определённом столбце системного каталога `pg_type`; но пока этого не произошло.) Если вы этого не сделаете, всё будет работать, но оценки оптимизатора будут не так хороши, как могли бы быть.

Есть ещё одна полезная функция оценки избирательности, `matchingsel`, которая будет работать практически с любым бинарным оператором, если для его входных типов данных собирается статистика MCV и/или строится гистограмма. По умолчанию эта оценка в два раза больше той, что выдаёт `eqsel`, таким образом, данная функция наиболее полезна для операторов сравнения, более избирательных, чем оператор равенства. (Также можно вызвать нижележащую функцию `generic_restriction_selectivity`, передав ей другую оценку по умолчанию.)

Для геометрических операторов разработаны дополнительные функции оценки избирательности в `src/backend/utils/adt/geo_selfuncs.c`: `areasel`, `positionsel` и `contsel`. На момент написания документации это просто заглушки, но вы тем не менее вполне можете использовать (или, ещё лучше, доработать) их.

37.15.4. JOIN

Предложение `JOIN`, если представлено, определяет функцию оценки избирательности соединения для оператора. (Заметьте, что в нём задаётся имя функции, а не оператора.) Предложения `JOIN` имеют смысл только для бинарных операторов, возвращающих `boolean`. Идея оценки избирательности соединения заключается в том, чтобы угадать, какой процент строк в паре таблиц будет удовлетворять условию `WHERE` следующего вида:

```
table1.column1 OP table2.column2
```

для текущего оператора. Как и `RESTRICT`, это предложение очень помогает оптимизатору, позволяя ему выяснить, какой из возможных вариантов соединения скорее всего окажется выгоднее.

Как и ранее, в этой главе мы не будем пытаться рассказать, как написать функцию оценивания избирательности соединения, а просто отметим, что вы можете использовать один из подходящих стандартных оценщиков:

`eqjoinsel` для =
`neqjoinsel` для <>
`scalarltjoinsel` для <
`scalarlejoinsel` для <=
`scalargtjoinsel` для >
`scalargejoinsel` для >=
`matchingjoinsel` для типовых операторов сопоставления
`areajoinsel` для сравнений областей в плоскости
`positionjoinsel` для сравнения положений в плоскости
`contjoinsel` для проверки на включение в плоскости

37.15.5. HASHES

Предложение `HASHES`, если присутствует, говорит системе, что для соединений с применением этого оператора допустимо использовать метод соединения по хешу. `HASHES` имеет смысл только для бинарного оператора, который возвращает `boolean`, и на практике этот оператор должен выражать равенство значений некоторого типа данных или пары типов данных.

Соединение по хешу базируется на том предположении, что оператор соединения возвращает истину только для таких пар значений слева и справа, для которых получается одинаковый хеш. Если два значения оказываются в разных ячейках хеша, операция соединения никогда не будет сравнивать их, неявно подразумевая, что результат оператора соединения в этом случае должен быть ложным. Поэтому не имеет никакого смысла указывать `HASHES` для операторов, которые не представляют какую-любо форму равенства. В большинстве случаев практический смысл в поддержке хеширования есть только для операторов, принимающих один тип данных с обеих сторон. Однако иногда возможно разработать хеш-функции, совместимые сразу с несколькими типами данных; то есть, функции, которые будут выдавать одинаковые хеш-коды для «равных» значений, несмотря на то, что эти значения будут представлены по-разному. Например, довольно легко функции с такой особенностью реализуются для хеширования целых чисел различного размера.

Чтобы оператор соединения имел характеристику `HASHES`, он должен входить в семейство операторов индексирования по хешу. Это требование откладывается, когда оператор только создаётся, ведь нужное семейство операторов, разумеется, ещё не может существовать. Но при попытке использовать такой оператор для соединения по хешу, возникнет ошибка во время выполнения, если такого семейства не окажется. Системе необходимо знать семейство операторов, чтобы найти функции для хеширования типа(ов) входных данных оператора. Конечно, вы должны также определить подходящие функции хеширования, прежде чем сможете создать семейство операторов.

При подготовке функции хеширования обязательно позаботьтесь о том, чтобы она всегда выдавала нужный результат, вне зависимости от особенностей машинной архитектуры. Например, если ваш тип данных представлен в структуре, в которой есть незначащие дополняющие биты, нельзя просто передать всю структуру функции `hash_any`. (Это возможно, только если все ваши операторы и функции гарантированно очищают незначащие биты, что является рекомендуемой стратегией.) В качестве другого примера можно привести типы с плавающей точкой в стандарте IEEE, в которых отрицательный ноль и положительный ноль — различные значения (отличаются на уровне битов), но при сравнении они считаются равными. Если значение с плавающей точкой может содержать отрицательный ноль, требуются дополнительные действия, чтобы для него выдавался тот же хеш, что и для положительного нуля.

Оператор соединения по хешу должен иметь коммутирующий (это может быть тот же оператор, если у него два операнда одного типа, либо связанный оператор равенства, в противном случае), относящийся к тому же семейству операторов. В случае его отсутствия, при попытке использования оператора возможны ошибки планировщика. Также желательно (хотя это строго не требуется), чтобы в семействе операторов хеширования, поддерживающем несколько типов данных, определялись операторы равенства для всех комбинаций этих типов данных; это способствует лучшей оптимизации.

> **Примечание**
>
> Функция, реализующая оператор соединения по хешу, должна быть постоянной (IMMUTABLE) или стабильной (STABLE). Если эта функция изменчивая (VOLATILE), система никогда не будет применять этот оператор для соединения по хешу.

> **Примечание**
>
> Если оператор соединения по хешу реализуется строгой функцией (STRICT), эта функция также должна быть полной: то есть она должна возвращать true или false, но не NULL, для любых двух аргументов, отличных от NULL. Если это правило не соблюдается, оптимизация операций `IN` с хешем может приводить к неверным результатам. (В частности, выражение

IN может вернуть false, когда правильным ответом, согласно стандарту, должен быть NULL, либо выдать ошибку с сообщением о том, что оно не готов к результату NULL.)

37.15.6. MERGES

Предложение MERGES, если присутствует, говорит системе, что для соединений с применением этого оператора допустимо использовать метод соединения слиянием. MERGES имеет смысл только для бинарного оператора, который возвращает boolean, и на практике этот оператор должен выражать равенство значений некоторого типа данных или пары типов данных.

Идея объединения слиянием заключается в упорядочивании таблиц слева и справа и затем параллельном сканировании их. Поэтому оба типа данных должны поддерживать сортировку в полном объёме, а оператор соединения должен давать положительный результат только для пар значений, оказавшихся в «одном месте» при определённом порядке сортировки. На практике это означает, что оператор соединения должен работать как проверка на равенство. Но при этом возможно объединить слиянием два различных типа данных, если они совместимы логически. Например, оператор проверки равенства smallint и integer может применяться для соединений слиянием; понадобятся только операторы сортировки, приводящие оба типа данных в логически совместимые последовательности.

Чтобы оператор соединения имел характеристику MERGES, он должен являться членом семейства операторов индекса btree, реализующим равенство. Это требование откладывается, когда оператор только создаётся, ведь нужное семейство операторов, разумеется, ещё не может существовать. Но этот оператор не будет фактически применяться для соединений слиянием, пока не будет найдено соответствующее семейство операторов. Таким образом, флаг MERGES только подсказывает планировщику, что стоит обратиться к соответствующему семейству.

Оператор соединения слиянием должен иметь коммутирующий (это может быть тот же оператор, если у него два операнда одного типа, либо связанный оператор равенства, в противном случае), относящийся к тому же семейству операторов. В случае его отсутствия, при попытке использования оператора возможны ошибки планировщика. Также желательно (хотя это строго не требуется), чтобы в семействе операторов btree, поддерживающем несколько типов данных, определялись операторы равенства для всех комбинаций этих типов данных; это способствует лучшей оптимизации.

Примечание

Функция, реализующая оператор соединения слиянием, должна быть постоянной (IMMUTABLE) или стабильной (STABLE). Если эта функция изменчивая (VOLATILE), система никогда не будет применять этот оператор для соединения слиянием.

37.16. Интерфейсы расширений для индексов

Описанные до этого процедуры позволяли определять новые типы, функции и операторы. Однако мы ещё не можем определить индекс по столбцу нового типа данных. Для этого нам потребуется создать *класс операторов* для нового типа данных. Далее в этом разделе мы продемонстрируем эту концепцию на примере: мы создадим новый класс операторов для метода индекса-B-дерева, в котором будут храниться комплексные числа и сортироваться по возрастанию абсолютного значения.

Классы операторов могут объединяться в *семейства операторов*, выражающие зависимости между семантически совместимыми классами. Когда вводится один тип данных, достаточно класса операторов, так что мы начнём с него, а к семействам операторов вернёмся позже.

37.16.1. Методы индексов и классы операторов

В системном каталоге есть таблица pg_am, содержащая записи для каждого метода индекса (внутри называемого методом доступа). Поддержка обычного доступа к таблицам встроена в

PostgreSQL, но все методы доступа описываются в pg_am. Система позволяет добавлять новые методы доступа — для этого нужно написать необходимый код, а затем добавить запись в pg_am, но это выходит за рамки данной главы (см. Главу 61).

Процедуры метода индекса непосредственно ничего не знают о типах данных, с которыми будет применяться этот метод. Вместо этого, набор операций, которые нужны методу индекса для работы с конкретным типом данных, определяется *классом операторов*. Классы операторов называются так потому, что они определяют множество операторов в предложении WHERE, которые могут использоваться с индексом (т. е. могут быть сведены к сканированию индекса). В классе операторов могут также определяться некоторые *опорные функции*, необходимые для внутренних операций метода индекса, но они не соответствуют напрямую каким-либо операторам предложения WHERE, которые могут обрабатываться с индексом.

Для одного типа данных и метода индекса можно определить несколько классов операторов. Благодаря этому, для одного типа данных можно использовать несколько семантически разных вариантов индексирования. Например, индекс-B-дерево требует, чтобы для каждого типа данных, с которым он работает, определялся порядок сортировки. Для типа комплексных чисел может быть полезен класс операторов B-дерева, сортирующий данные по модулю комплексного числа, и ещё один, сортирующий по вещественной части, и т. п. Обычно предполагается, что один из классов операторов будет применяться чаще других, и тогда он помечается как класс по умолчанию для данного типа и метода индекса.

Одно и то же имя класса операторов может использоваться для разных методов индекса (например, для методов индекса-B-дерева или хеш-индекса применяются классы операторов int4_ops), но все такие классы являются независимыми и должны определяться отдельно.

37.16.2. Стратегии методов индексов

Операторам, которые связываются с классом операторов, назначаются «номера стратегий», определяющие роль каждого оператора в контексте его класса. Например, в B-дереве должен быть строгий порядок ключей с отношениями меньше/больше, так что в данном контексте представляют интерес операторы «меньше» и «больше или равно». Так как PostgreSQL позволяет пользователям определять операторы произвольным образом, PostgreSQL не может просто посмотреть на имя оператора (< или >=) и сказать, какое сравнение он выполняет. Вместо этого для метода индекса определяется набор «стратегий», которые можно считать обобщёнными операторами. Каждый класс операторов устанавливает, какие фактические операторы соответствуют стратегиям для определённого типа данных и интерпретации семантики индекса.

Для метода индекса-B-дерева определены пять стратегий, описанных в Таблице 37.3.

Таблица 37.3. Стратегии B-дерева

Операция	Номер стратегии
меньше	1
меньше или равно	2
равно	3
больше или равно	4
больше	5

Индексы по хешу поддерживают только сравнение на равенство, так что они используют только одну стратегию, показанную в Таблице 37.4.

Таблица 37.4. Стратегии хеша

Операция	Номер стратегии
равно	1

Индексы GiST более гибкие: для них вообще нет фиксированного набора стратегий. Вместо этого опорная процедура «согласованности» каждого конкретного класса операторов GiST интерпретирует номера стратегий как ей угодно. Например, некоторые из встроенных классов операторов для индексов GiST индексируют двумерные геометрические объекты, и реализуют стратегии «R-дерева», показанные в Таблице 37.5. Четыре из них являются истинно двумерными проверками (overlaps, same, contains, contained by); другие четыре учитывают только ординаты, а ещё четыре проводят же проверки только с абсциссами.

Таблица 37.5. Стратегии двумерного «R-дерева» индекса GiST

Операция	Номер стратегии
строго слева от	1
не простирается правее	2
пересекается с	3
не простирается левее	4
строго справа от	5
одинаковы	6
содержит	7
содержится в	8
не простирается выше	9
строго ниже	10
строго выше	11
не простирается ниже	12

Индексы SP-GiST такие же гибкие, как и индексы GiST: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 37.6 приведены номера стратегий, установленные для встроенных классов операторов для точек.

Таблица 37.6. Стратегии SP-GiST для точек

Операция	Номер стратегии
строго слева от	1
строго справа от	5
одинаковы	6
содержится в	8
строго ниже	10
строго выше	11

Индексы GIN такие же гибкие, как и индексы GiST и SP-GiST: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 37.7 приведены номера стратегий, установленные для встроенного класса операторов для массивов.

Таблица 37.7. Стратегии GIN для массивов

Операция	Номер стратегии
пересекается с	1
содержит	2
содержится в	3

Операция	Номер стратегии
равно	4

Индексы BRIN такие же гибкие, как и индексы GiST, SP-GiST и GIN: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 37.8 приведены номера стратегий, используемые встроенными классами операторов `Minmax`.

Таблица 37.8. Стратегии BRIN Minmax

Операция	Номер стратегии
меньше	1
меньше или равно	2
равно	3
больше или равно	4
больше	5

Заметьте, что все вышеперечисленные операторы возвращают булевы значения. На практике все операторы, определённые как операторы поиска для метода индекса, должны возвращать тип `boolean`, так как они должны находиться на верхнем уровне предложения `WHERE`, чтобы для них применялся индекс. (Некоторые методы доступа по индексу также поддерживают *операторы упорядочивания*, которые обычно не возвращают булевы значения; это обсуждается в Подразделе 37.16.7.)

37.16.3. Опорные процедуры метода индекса

Стратегии обычно не дают системе достаточно информации, чтобы понять, как использовать индекс. На практике, чтобы методы индекса работали, необходимы дополнительные опорные процедуры. Например, метод индекса-B-дерева должен уметь сравнивать два ключа и определять, больше, равен или меньше ли первый второго. Аналогично, метод индекса по хешу должен уметь сравнивать хеш-коды значений ключа. Эти операции не соответствуют операторам, которые применяются в условиях в командах SQL; это внутрисистемные подпрограммы, используемые методами индекса.

Так же, как и со стратегиями, класс операторов определяет, какие конкретные функции должны играть каждую из ролей для определённого типа данных и интерпретации семантики индекса. Для метода индекса определяется набор нужных ему функций, а класс оператора выбирает нужные функции для применения, назначая им «номера опорных функций», определяемые методом индекса.

Некоторые классы операторов дополнительно позволяют задать параметры, управляющие их поведением. У всех встроенных индексных методов доступа имеется необязательная опорная функция `options`, которая определяет набор параметров, поддерживаемых данным классом.

Для B-деревьев требуется опорная функция сравнения и могут предоставляться четыре дополнительные опорные функции по выбору разработчика класса операторов, описанные в Таблице 37.9. Требования к этим опорным функциям подробно рассматриваются в Разделе 63.3.

Таблица 37.9. Опорные функции B-деревьев

Функция	Номер опорной функции
Сравнивает два ключа и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго	1

Функция	Номер опорной функции
Возвращает адреса вызываемых из C опорных функций (или функции) сортировки (необязательная)	2
Сравнивает проверяемое значение с базовым плюс/минус смещение и возвращает true или false в зависимости от результата сравнения (необязательная)	3
Определяет, может ли в индексах, использующих данный класс операторов, безопасно применяться реализованное в btree исключение дубликатов (необязательная)	4
Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	5

Для хеш-индексов требуется одна опорная функция, и ещё две могут задаваться по выбору разработчика класса операторов, как показано в Таблице 37.10.

Таблица 37.10. Опорные функции хеша

Функция	Номер опорной функции
Вычисляет 32-битное значение хеша для ключа	1
Вычисляет 64-битное значение хеша для ключа с заданной 64-битной солью; если значение соли равно 0, младшие 32 бита результата должны соответствовать значению, которое было бы вычислено функцией 1 (необязательная)	2
Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	3

Для индексов GiST предусмотрены десять опорных функций, три из которых необязательные; они описаны в Таблице 37.11. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.)

Таблица 37.11. Опорные функции GiST

Функция	Описание	Номер опорной функции
`consistent`	определяет, удовлетворяет ли ключ условию запроса	1
`union`	вычисляет объединение набора ключей	2
`compress`	вычисляет сжатое представление ключа или индексируемого значения	3
`decompress`	вычисляет развёрнутое представление сжатого ключа	4
`penalty`	вычисляет стоимость добавления нового ключа в поддерево с заданным ключом	5
`picksplit`	определяет, какие записи страницы должны быть перемещены в новую страницу, и вычисляет ключи объединения для результирующих страниц	6
`equal`	сравнивает два ключа и возвращает true, если они равны	7
`distance`	определяет дистанцию от ключа до искомого значения (необязательная)	8

Функция	Описание	Номер опорной функции
fetch	вычисляет исходное представление сжатого ключа для сканирования только по индексу (необязательная)	9
options	Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	10

Для индексов SP-GiST предусмотрены шесть опорных функций, одна из которых необязательная; они описаны в Таблице 37.12. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 65.)

Таблица 37.12. Опорные функции SP-GiST

Функция	Описание	Номер опорной функции
config	предоставляет основную информацию о классе операторов	1
choose	определяет, как вставить новое значение во внутренний элемент	2
picksplit	определяет, как разделить множество значений	3
inner_consistent	определяет, в каких внутренних ветвях нужно искать заданное значение	4
leaf_consistent	определяет, удовлетворяет ли ключ условию запроса	5
options	Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	6

Для индексов GIN предусмотрены семь опорных функций, четыре из которых необязательные; они описаны в Таблице 37.13. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 66.)

Таблица 37.13. Опорные функции GIN

Функция	Описание	Номер опорной функции
compare	сравнивает два ключа и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго	1
extractValue	извлекает ключи из индексируемого значения	2
extractQuery	извлекает ключи из условия запроса	3
consistent	определяет, соответствует ли значение условию запроса (логическая вариация) (не требуется, если присутствует опорная функция 6)	4
comparePartial	сравнивает частичный ключ из запроса с ключом из индекса и возвращает целое число меньше нуля, ноль или больше нуля, показывающее, что GIN должен игнорировать эту запись индекса, принять её как соответствующую или прекратить сканирование индекса (необязательная)	5
triConsistent	определяет, соответствует ли значение условию запроса (троичная вариация) (не требуется, если присутствует опорная функция 4)	6

Функция	Описание	Номер опорной функции
options	Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	7

Для индексов BRIN предусмотрены пять базовых опорных функций, перечисленных в Таблице 37.14. Для некоторых видов базовых функций может потребоваться предоставить дополнительные опорные функции. (За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 67.3.)

Таблица 37.14. Опорные функции BRIN

Функция	Описание	Номер опорной функции
opcInfo	возвращает внутреннюю информацию, описывающую сводные данные по индексированным столбцам	1
add_value	добавляет новое значение в существующий сводный кортеж индекса	2
consistent	определяет, удовлетворяет ли значение условию запроса	3
union	вычисляет объединение двух обобщающих кортежей	4
options	Определяет набор параметров, относящихся к данному классу операторов (необязательная)	5

В отличие от операторов поиска, опорные функции возвращают тот тип данных, который ожидает конкретный метод индекса; например, функция сравнения для B-деревьев возвращает знаковое целое. Количество и типы аргументов для каждой опорной функции так же зависят от метода индекса. Для методов B-дерева и хеша функции сравнения и хеширования принимают те же типы данных, что и операторы, включённые в класс операторов, но для большинства опорных функций GiST, SP-GiST, GIN и BRIN это не так.

37.16.4. Пример

Теперь, когда мы познакомились с основными идеями, мы можем перейти к обещанному примеру создания нового класса операторов. (Рабочую копию этого примера можно найти в `src/tutorial/complex.c` и `src/tutorial/complex.sql` в пакете исходного кода.) Класс операторов включает операторы, сортирующие комплексные числа по порядку абсолютных значений, поэтому мы выбрали для него имя `complex_abs_ops`. Во-первых, нам понадобится набор операторов. Процедура определения операторов была рассмотрена в Разделе 37.14. Для класса операторов B-деревьев нам понадобятся операторы:

- абсолютное-значение меньше (стратегия 1)
- абсолютное-значение меньше-или-равно (стратегия 2)
- абсолютное-значение равно (стратегия 3)
- абсолютное-значение больше-или-равно (стратегия 4)
- абсолютное-значение больше (стратегия 5)

Чтобы не провоцировать ошибки при определении связанного набора операторов сравнения, лучше всего сначала написать вспомогательную функцию сравнения для B-дерева, а затем написать другие функции как однострочные оболочки этой вспомогательной функции. Это уменьшит вероятность получения несогласованных результатов в исключительных случаях. Следуя этому подходу, мы сначала напишем:

```
#define Mag(c)  ((c)->x*(c)->x + (c)->y*(c)->y)

static int
```

```
complex_abs_cmp_internal(Complex *a, Complex *b)
{
    double      amag = Mag(a),
                bmag = Mag(b);

    if (amag < bmag)
        return -1;
    if (amag > bmag)
        return 1;
    return 0;
}
```

Теперь функция «меньше» будет выглядеть так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_abs_lt);

Datum
complex_abs_lt(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex    *a = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
    Complex    *b = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(1);

    PG_RETURN_BOOL(complex_abs_cmp_internal(a, b) < 0);
}
```

Остальные четыре функции отличаются от неё только тем, как сравнивают результат внутренней функции с нулём.

Затем мы объявим в SQL функции и операторы на основе этих функций:

```
CREATE FUNCTION complex_abs_lt(complex, complex) RETURNS bool
    AS 'имя_файла', 'complex_abs_lt'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE OPERATOR < (
   leftarg = complex, rightarg = complex, procedure = complex_abs_lt,
   commutator = > , negator = >= ,
   restrict = scalarltsel, join = scalarltjoinsel
);
```

Важно правильно определить обратные и коммутирующие операторы, а также подходящие функции избирательности ограничения и соединения; иначе оптимизатор не сможет использовать наш индекс эффективно.

Здесь также стоит обратить внимание на следующее:

- Учтите, что может быть только один оператор с именем, например, =, который будет принимать тип `complex` с двух сторон. В этом случае у нас не будет другого оператора = для `complex`, но если мы создаём практически полезный тип данных, вероятно, мы захотим, чтобы оператор = проверял обычное равенство двух комплексных чисел (а не равенство их абсолютных значений). В этом случае для `complex_abs_eq` нужно выбрать какое-то другое имя оператора.
- Хотя в PostgreSQL разные функции могут иметь одинаковые имена SQL, если у них различные типы аргументов, в C только одна глобальная функция может иметь заданное имя. Поэтому не следует давать функции на C имя вроде `abs_eq`. Во избежание конфликтов с функциями для других типов данных, в имя функции на C обычно включается имя конкретного типа данных.
- Мы могли быть дать нашей функции имя `abs_eq` в SQL, рассчитывая на то, что PostgreSQL отличит её от любых других одноимённых функций SQL по типам аргументов. Но в данном случае для упрощения примера мы дали ей одинаковые имена на уровне C и уровне SQL.

На следующем этапе регистрируется опорная процедура, необходимая для B-деревьев. В нашем примере код C, реализующий её, находится в том же файле, что и функции операторов. Мы объявляем эту процедуру так:

```
CREATE FUNCTION complex_abs_cmp(complex, complex)
    RETURNS integer
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Теперь, когда мы объявили требуемые операторы и опорную функцию, мы наконец можем создать класс операторов:

```
CREATE OPERATOR CLASS complex_abs_ops
    DEFAULT FOR TYPE complex USING btree AS
        OPERATOR        1       < ,
        OPERATOR        2       <= ,
        OPERATOR        3       = ,
        OPERATOR        4       >= ,
        OPERATOR        5       > ,
        FUNCTION        1       complex_abs_cmp(complex, complex);
```

Вот и всё! Теперь должно быть возможно создавать и использовать индексы-B-деревья по столбцам `complex`.

Операторы можно было записать более многословно, например, так:

```
        OPERATOR        1       < (complex, complex) ,
```

но в этом необходимости, так как эти операторы принимают тот же тип данных, для которого определяется класс операторов.

В приведённом примере предполагается, что этот класс операторов будет классом операторов B-дерева по умолчанию для типа `complex`. Если вам это не нужно, просто опустите слово `DEFAULT`.

37.16.5. Семейства и классы операторов

До этого мы неявно полагали, что класс операторов работает только с одним типом данных. Хотя в конкретном индексируемом столбце, определённо, может быть только один тип данных, часто бывает полезно индексировать операции, сравнивающие значение столбца со значением другого типа. Также, если в сочетании с классом операторов возможно применение оператора, работающего с двумя типами, для другого типа данных обычно тоже создаётся собственный класс. В таких случаях полезно установить явную связь между связанными классами, так как это поможет планировщику оптимизировать SQL-запросы (особенно для классов операторов B-дерева, потому что планировщик хорошо знает, как работать с ними).

Для удовлетворения этих потребностей в PostgreSQL введена концепция *семейства операторов*. Семейство операторов содержит один или несколько классов операторов и может также содержать индексируемые операторы и соответствующие опорные функции, принадлежащие к семейству в целом, но не к какому-то одному классу в нём. Мы называем такую связь операторов и функций с семейством «слабой», в отличие от обычной связи с определённым классом. Как правило, классы содержат операторы с операндами одного типа, тогда как межтиповые операторы слабо связываются с семейством.

Все операторы и функции в семействе операторов должны иметь совместимую семантику; требования к совместимости устанавливаются методом индекса. Вы можете спросить, зачем в таком случае вообще выделять конкретные подмножества семейства в виде классов операторов; и на самом деле во многих случаях деление на классы не имеет значения, важно только связывание с семейством. Смысл классов операторов в том, что они определяют, какая часть семейства необходима для поддержки некоторого индекса. Если существует индекс, использующий класс операторов, этот класс нельзя будет удалить, не удалив индекс — но другие части семейства, а именно, другие классы операторов и слабосвязанные операторы, удалить можно. Таким образом, класс операторов должен определяться так, чтобы он содержал минимальный набор операторов и функций, обоснованно требующихся для работы с индексом по определённому типу данных, а несущественные операторы могут добавляться в качестве слабосвязанных членов в семейство операторов.

В качестве примера, в PostgreSQL есть встроенное семейство операторов B-дерева `integer_ops`, включающее классы операторов `int8_ops`, `int4_ops` и `int2_ops` для индексов по столбцам `bigint` (`int8`), `integer` (`int4`) и `smallint` (`int2`), соответственно. В этом семействе также содержатся операторы межтипового сравнения, позволяющие сравнивать значения любых двух этих типов, так что индексом по любому из этих типов можно пользоваться, выполняя сравнение с другим типом. Это семейство можно представить такими определениями:

```
CREATE OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree;

CREATE OPERATOR CLASS int8_ops
DEFAULT FOR TYPE int8 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int8 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint8cmp(int8, int8) ,
  FUNCTION 2 btint8sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int8, int8, int8, boolean, boolean) ,
  FUNCTION 4 btequalimage(oid) ;

CREATE OPERATOR CLASS int4_ops
DEFAULT FOR TYPE int4 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int4 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint4cmp(int4, int4) ,
  FUNCTION 2 btint4sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int4, boolean, boolean) ,
  FUNCTION 4 btequalimage(oid) ;

CREATE OPERATOR CLASS int2_ops
DEFAULT FOR TYPE int2 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int2 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint2cmp(int2, int2) ,
  FUNCTION 2 btint2sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int2, boolean, boolean) ,
  FUNCTION 4 btequalimage(oid) ;

ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree ADD
  -- cross-type comparisons int8 vs int2
  OPERATOR 1 < (int8, int2) ,
  OPERATOR 2 <= (int8, int2) ,
  OPERATOR 3 = (int8, int2) ,
  OPERATOR 4 >= (int8, int2) ,
  OPERATOR 5 > (int8, int2) ,
  FUNCTION 1 btint82cmp(int8, int2) ,
```

```
-- cross-type comparisons int8 vs int4
OPERATOR 1 < (int8, int4) ,
OPERATOR 2 <= (int8, int4) ,
OPERATOR 3 = (int8, int4) ,
OPERATOR 4 >= (int8, int4) ,
OPERATOR 5 > (int8, int4) ,
FUNCTION 1 btint84cmp(int8, int4) ,

-- cross-type comparisons int4 vs int2
OPERATOR 1 < (int4, int2) ,
OPERATOR 2 <= (int4, int2) ,
OPERATOR 3 = (int4, int2) ,
OPERATOR 4 >= (int4, int2) ,
OPERATOR 5 > (int4, int2) ,
FUNCTION 1 btint42cmp(int4, int2) ,

-- cross-type comparisons int4 vs int8
OPERATOR 1 < (int4, int8) ,
OPERATOR 2 <= (int4, int8) ,
OPERATOR 3 = (int4, int8) ,
OPERATOR 4 >= (int4, int8) ,
OPERATOR 5 > (int4, int8) ,
FUNCTION 1 btint48cmp(int4, int8) ,

-- cross-type comparisons int2 vs int8
OPERATOR 1 < (int2, int8) ,
OPERATOR 2 <= (int2, int8) ,
OPERATOR 3 = (int2, int8) ,
OPERATOR 4 >= (int2, int8) ,
OPERATOR 5 > (int2, int8) ,
FUNCTION 1 btint28cmp(int2, int8) ,

-- cross-type comparisons int2 vs int4
OPERATOR 1 < (int2, int4) ,
OPERATOR 2 <= (int2, int4) ,
OPERATOR 3 = (int2, int4) ,
OPERATOR 4 >= (int2, int4) ,
OPERATOR 5 > (int2, int4) ,
FUNCTION 1 btint24cmp(int2, int4) ,

-- cross-type in_range functions
FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int8, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int2, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int8, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int4, boolean, boolean) ;
```

Заметьте, что в определении семейства «перегружаются» номера стратегий операторов и опорных функций: каждый номер фигурирует в семействе неоднократно. Это допускается, если для каждого экземпляра определённого номера задаются свои типы данных. Экземпляры, у которых оба входных типа совпадают с входным типом класса операторов, являются первичными операторами и опорными функциями для этого класса, и в большинстве случаев они должны объявляться в составе класса операторов, а не быть слабосвязанными членами семейства.

В семействе операторов B-дерева все операторы должны быть совместимыми в контексте сортировки; это подробно описано в Разделе 63.2. Для каждого оператора в семействе должна существовать опорная функция, принимающая на вход те же два типа, что и оператор. Семейство рекомендуется делать полным, то есть включать в него все операторы для каждого сочетания типов данных. В классы операторов следует включать только однотиповые операторы и опорные функции для определённого типа данных.

Чтобы создать семейство операторов хеширования для нескольких типов данных, необходимо создать совместимые функции поддержки хеша для каждого типа данных, который будет поддерживать семейство. Здесь под совместимостью понимается гарантия получения одного хеш-кода для любых двух значений, которые операторы сравнения в этом семействе считают равными, даже если они имеют разные типы. Обычно это сложно осуществить, когда типы имеют разное физическое представление, но в некоторых случаях всё же возможно. Более того, преобразование значения одного типа данных, представленного в семействе операторов, к другому типу, также представленному в этом семействе, путём неявного или двоичного сведения не должно менять значение вычисляемого хеша. Заметьте, что единственная опорная функция задаётся для типа данных, а не для оператора равенства. Семейство рекомендуется делать полным, то есть включить в него оператор равенства для всех сочетаний типов данных. В классы операторов следует включать только однотиповый оператор равенства и опорную функция для определённого типа данных.

В индексах GiST, SP-GiST и GIN межтиповые операции явно не выражены. Множество поддерживаемых операторов определяется только теми операциями, которые могут выполнять основные опорные функции заданного класса операторов.

В BRIN требования зависят от инфраструктуры, предоставляющей классы операторов. Для классов операторов, построенных на инфраструктуре `minmax`, требуется то же поведение, что и для семейств операторов B-дерева: все операторы в семействе должны поддерживать совместимый порядок, а приведения не должны влиять на установленный порядок сортировки.

> **Примечание**
>
> До версии 8.3 в PostgreSQL не было понятия семейства операторов, поэтому любые межтиповые операторы, предназначенные для применения с индексом, должны были привязываться непосредственно к классу оператора индекса. Хотя этот подход по-прежнему работает, он считается устаревшим, потому что он создаёт слишком много зависимостей для индекса, а также потому, что планировщик может выполнять межтиповые сравнения более эффективно, когда для обоих типов данных определены операторы в одном семействе.

37.16.6. Системные зависимости от классов операторов

PostgreSQL использует классы операторов для наделения операторов такими свойствами, которые могут быть полезны не только для индексов. Поэтому классы операторов могут быть полезны, даже если вы не намерены индексировать столбцы со значениями определённого вами типа.

В частности, это касается SQL-конструкций `ORDER BY` и `DISTINCT`, для которых требуется сравнивать и упорядочивать значения. Чтобы эти конструкции работали с определённым пользователем типом данных, PostgreSQL задействует класс операторов B-дерева по умолчанию для этого типа. Член «равно» этого класса определяет, как система будет понимать равенство значений для `GROUP BY` и `DISTINCT`, а порядок сортировки, задаваемый классом операторов, определяет порядок `ORDER BY` по умолчанию.

Если класс операторов B-дерева по умолчанию для типа данных не определён, система будет искать класс операторов хеширования по умолчанию. Но так как подобный класс поддерживает только равенство, с ним будет возможна только группировка, но не сортировка.

Если для типа не определён класс операторов по умолчанию, попытавшись использовать эти конструкции SQL с данным типом, вы получите ошибку вида «не удалось найти оператор сортировки».

> **Примечание**
>
> До версии PostgreSQL 7.4, в операциях сортировки и группировки неявно использовались операторы с именами =, < и >. С новым подходом, опирающимся на классы операторов по

умолчанию, система не делает никаких предположений о поведении операторов по их именам.

Сортировка с нестандартным классом операторов B-дерева возможна, если указать в предложении USING оператор «меньше или равно» в данном классе:

```
SELECT * FROM mytable ORDER BY somecol USING ~<~;
```

Также возможно выполнить сортировку в порядке по убыванию, если указать в USING оператор «больше или равно».

Сравнение массивов пользовательских типов также производится в зависимости от семантики, определённой классом операторов B-дерева. Если класс операторов B-дерева по умолчанию для данного типа не определён, но имеется класс операторов хеширования, то будет поддерживаться сравнение массивов, но не упорядочивание.

Ещё одна возможность языка SQL, которая требует дополнительных знаний о типе данных — это указание RANGE *смещение* PRECEDING/FOLLOWING для оконных функций (см. Подраздел 4.2.8). Для запроса вида

```
SELECT sum(x) OVER (ORDER BY x RANGE BETWEEN 5 PRECEDING AND 10 FOLLOWING)
  FROM mytable;
```

недостаточно знать, как упорядочить x; база данных должна также понимать, как «вычесть 5» или «прибавить 10» к значению x в текущей строке для определения рамок текущего окна. Сравнивать результирующие границы со значениями x в других строках можно используя операторы сравнения, предоставленные классом операторов B-дерева, которые задают упорядочивание ORDER BY, но операторы сложения и вычитания не входят в этот класс операторов. Так какие же использовать в этом случае? Жёстко зафиксировать операторы в коде было бы нежелательно, так как при различных порядках сортировки (с различными классами операторов B-дерева) поведение может меняться. Поэтому класс операторов B-дерева позволяет задать опорную функцию *in_range*, осуществляющую сложение и вычитание в соответствии с порядком сортировки. Опорных функций in_range может быть даже несколько, если в качестве смещения в предложениях RANGE имеет смысл передавать данные разных типов. Если в классе операторов B-дерева, связанном с указанным для окна предложением ORDER BY, нет подходящей опорной функции in_range, то указание RANGE *смещение* PRECEDING/FOLLOWING не поддерживается.

Также важно отметить, что оператор равенства, указанный в семействе операторов хеширования, является кандидатом для применения при слиянии и агрегации по хешу, а также при связанной оптимизации. Семейство операторов хеширования играет в данном случае определяющую роль, так как именно в нём задаётся функция хеширования.

37.16.7. Операторы упорядочивания

Некоторые методы доступа индексов (в настоящее время только GiST и SP-GiST) поддерживают концепцию *операторов упорядочивания*. Операторы, которые мы обсуждали до этого, были *операторами поиска*. Оператором поиска называется такой оператор, для которого можно выполнить поиск по индексу и найти все строки, удовлетворяющие условию WHERE *индексированный_столбец оператор константа*. Заметьте, что при этом ничего не говорится о порядке, в котором будут возвращены подходящие строки. Оператор упорядочивания, напротив, не ограничивает набор возвращаемых строк, но определяет их порядок. С таким оператором, просканировав индекс, можно получить строки в порядке, заданным указанием ORDER BY *индексированный_столбец оператор константа*. Такое определение объясняется тем, что оно поддерживает поиск ближайшего соседа, если этот оператор вычисляет расстояние. Например, запрос

```
SELECT * FROM places ORDER BY location <-> point '(101,456)' LIMIT 10;
```

находит десять ближайших к заданной точке мест. Индекс GiST по столбцу location может сделать это эффективно, так как <-> — это оператор упорядочивания.

Тогда как операторы поиска должны возвращать логические результаты, операторы упорядочивания обычно возвращают другой тип, например, float или numeric для расстояний. Этот тип, как правило, отличается от типа индексируемых данных. Чтобы избежать жёстко запрограммированных предположений о поведении различных типов данных, при объявлении оператора упорядочивания должно указываться семейство операторов B-дерева, определяющее порядок сортировки результирующего типа данных. Как было отмечено в предыдущем разделе, семейства операторов B-дерева определяют понятие упорядочивания для PostgreSQL, так что такое объявление оказывается естественным. Так как оператор `<->` для точек возвращает `float8`, его можно включить в команду создания класса операторов так:

```
OPERATOR 15    <-> (point, point) FOR ORDER BY float_ops
```

где `float_ops` — встроенное семейство операторов, включающее операции с `float8`. Это объявление означает, что индекс может возвращать строки в порядке увеличения значений оператора `<->`.

37.16.8. Особенности классов операторов

Есть ещё две особенности классов операторов, которые мы до этого не обсуждали, в первую очередь потому, что они не востребованы для наиболее часто применяемых методов индексов.

Обычно объявление оператора в качестве члена класса операторов (или семейства) означает, что метод индекса может получить точно набор строк, который удовлетворяет условию `WHERE` с этим оператором. Например, запрос:

```
SELECT * FROM table WHERE integer_column < 4;
```

может быть удовлетворён в точности индексом-B-деревом по целочисленному столбцу. Но бывают случаи, когда индекс полезен как приблизительный указатель на соответствующие строки. Например, если индекс GiST хранит только прямоугольники, описанные вокруг геометрических объектов, он не может точно удовлетворить условие `WHERE`, которое проверяет пересечение не прямоугольных объектов, а например, многоугольников. Однако этот индекс можно применить, чтобы найти объекты, для которых описанные вокруг прямоугольники пересекаются с прямоугольником, описанным вокруг целевого объекта, а затем провести точную проверку пересечения только для найденных по индексу объектов. Если это имеет место, такой индекс называется «неточным» для оператора. Для реализации поиска по неточному индексу метод индекса возвращает флаг *recheck* (перепроверить), когда строка может действительно удовлетворять, а может не удовлетворять условию запроса. Затем исполнитель запроса перепроверяет полученную строку по исходному условию запроса и определяет, должна ли она выдаваться как действительно соответствующая ему. Этот подход работает, если индекс гарантированно выдаёт все требуемые строки плюс, возможно, дополнительные строки, которые можно исключить, вызвав первоначальный оператор. Методы индексов, поддерживающие неточный поиск (в настоящее время, GiST, SP-GiST и GIN), позволяют устанавливать флаг recheck опорным функциям отдельных классов операторов, так что по сути это особенность класса операторов.

Вернёмся к ситуации, когда мы храним в индексе только прямоугольник, описанный вокруг сложного объекта, такого как многоугольник. В этом случае нет большого смысла хранить в элементе индекса весь многоугольник — мы можем с тем же успехом хранить более простой объект типа `box`. Это отклонение выражается указанием `STORAGE` в команде `CREATE OPERATOR CLASS`, которое записывается примерно так:

```
CREATE OPERATOR CLASS polygon_ops
    DEFAULT FOR TYPE polygon USING gist AS
        ...
        STORAGE box;
```

В настоящее время только методы индексов GiST, GIN и BRIN позволяют задать в `STORAGE` тип, отличный от типа данных столбца. В GiST преобразованием данных, связанным с использованием `STORAGE`, должны заниматься опорные процедуры `compress` и `decompress`. В GIN тип `STORAGE` определяет тип значений «ключа», который обычно отличается от типа индексируемого столбца — например, в классе операторов для столбцов с целочисленным массивом ключами могут быть просто целые числа. За извлечение ключей из индексированных значений в GIN отвечают опорные функции `extractValue` и `extractQuery`. BRIN похож на GIN: в нём тип `STORAGE` определяет тип хранимых обобщённых значений, а опорные процедуры классов операторов отвечают за правильное прочтение этих значений.

37.17. Упаковка связанных объектов в расширение

Полезное расширение PostgreSQL обычно включает несколько объектов SQL; например, с появлением нового типа данных могут потребоваться новые функции, новые операторы и новые классы операторов. Все эти объекты удобно собрать в один пакет, с тем чтобы упростить управление базой данных. В PostgreSQL такие пакеты называются *расширениями*. Чтобы определить расширение, вам понадобится как минимум *файл скрипта* с командами SQL, создающими объекты расширения, и *управляющий файл*, в котором определяются несколько базовых свойств самого расширения. Если расширение написано на C, в него обычно также включается файл разделяемой библиотеки, содержащий скомпилированный код. Обеспечив наличие этих файлов, загрузить их в базу данных можно простой командой CREATE EXTENSION.

Основное преимущество расширений по сравнению с обычным SQL-скриптом, загружающим множество «разрозненных» объектов в базу данных, состоит в том, что PostgreSQL будет понимать, что объекты расширения связаны вместе. Вы можете удалить все объекты одной командой DROP EXTENSION (разрабатывать отдельный скрипт «uninstall» не требуется). Ещё полезнее то, что утилита pg_dump знает, что не нужно выгружать отдельные объекты, составляющие расширение — вместо этого она просто включит в архивный файл команду `CREATE EXTENSION`. Это кардинально упрощает миграцию на новую версию расширения, которая может содержать новые или другие объекты по сравнению с предыдущей версией. Заметьте, однако, что при загрузке такого архива в базу данных обязательно наличие скрипта, управляющего файла и других файлов расширения.

PostgreSQL не позволит удалить отдельный объект, содержащийся в расширении, кроме как при удалении всего расширения. Также имейте в виду, что вы можете изменить определение объекта, относящегося к расширению (например, командой `CREATE OR REPLACE FUNCTION` для функции), но изменённое определение не будет выгружено утилитой pg_dump. Такие изменения обычно разумны, только если они параллельно отражаются в файле скрипта расширения. (Для таблиц, содержащих конфигурационные данные, предусмотрены специальные средства; см. Подраздел 37.17.3.) В производственной среде обычно лучше создавать скрипт обновления расширения, который будет изменять относящиеся к расширению объекты.

Скрипт расширения может устанавливать права доступа для объектов, являющихся частью расширения, выполняя команды `GRANT` и `REVOKE`. Окончательный набор прав для каждого объекта (если они заданы) будет сохранён в системном каталоге `pg_init_privs`. При использовании pg_dump в выгружаемый скрипт будет выведена команда `CREATE EXTENSION` с последующими операторами `GRANT` и `REVOKE`, которые установят права, имевшие место в момент выгрузки.

PostgreSQL в настоящее время не поддерживает скрипты расширений, выполняющие операторы `CREATE POLICY` или `SECURITY LABEL`. Ожидается, что такие команды будут выполняться после того, как расширение будет создано. Выгружая данные, pg_dump будет также включать в вывод все политики RLS и метки безопасности.

Механизм расширений также предоставляет средства для поддержки дополнительных скриптов, призванных изменять определение объектов SQL, содержащихся в расширении. Например, если версия расширения 1.1, по сравнению с версией 1.0, добавляет одну функцию и изменяет тело другой функции, автор расширения может предоставить *скрипт обновления*, который произведёт именно эти два изменения. Затем, воспользовавшись командой `ALTER EXTENSION UPDATE`, можно будет применить эти изменения и отследить, какая версия расширения фактически установлена в заданной базе данных.

Типы SQL-объектов, которые могут быть членами расширения, перечислены в описании ALTER EXTENSION. Не могут быть его членами, в частности, объекты уровня кластера, такие как базы данных, роли и табличные пространства, так как расширение существует только в рамках одной базы данных. (Скрипту расширения не запрещается создавать такие объекты, но если он сделает это, они не будут считаться частью расширения.) Также заметьте, что несмотря на то, что таблица может быть членом расширения, её подчинённые объекты, такие как индексы, непосредственными членами расширения считаться не будут. Ещё один важный момент — схемы могут принадлежать расширениям, но не наоборот; поэтому расширение имеет неполное имя и не существует «внутри» какой-либо схемы. Однако объекты-члены расширения, будут относиться к схемам, если это уместно для их типов. Сами расширения могут иметь, а могут и не иметь основания владеть схемами, к которым относятся объекты-члены расширения.

Если скрипт расширения создаёт какие-либо временные объекты (например, временные таблицы), эти объекты будут считаться членами расширения до конца текущего сеанса, но удалятся автоматически в конце сеанса, как и должны временные объекты. Это является исключением из правила, запрещающего удаление объектов-членов расширения без удаления всего расширения.

37.17.1. Файлы расширений

Команда CREATE EXTENSION задействует управляющий файл расширения, который должен называться по имени расширения, с суффиксом `.control`, и должен быть помещён в каталог сервера `SHAREDIR/extension`. Должен быть также ещё минимум один SQL-скрипт, с именем, соответствующим шаблону `*расширение*--*версия*.sql` (например, `foo--1.0.sql` для версии `1.0` расширения `foo`). По умолчанию скрипт(ы) также помещается в каталог `SHAREDIR/extension`; но в управляющем файле можно задать и другой каталог.

Формат управляющего файла расширения не отличается от формата `postgresql.conf`, а именно представляет собой список присваиваний `*имя_параметра* = *значение*`, по одному в строке. В нём также допускаются пустые строки и комментарии, начинающиеся с `#`. Все значения, отличные от единственного слова или числа, в нём должны заключаться в кавычки.

В управляющем файле могут устанавливаться следующие параметры:

`directory` (string)

Каталог, содержащий SQL-скрипт(ы) расширения. Если только не задан абсолютный путь, это имя рассматривается относительно каталога сервера `SHAREDIR`. По умолчанию подразумевается указание `directory = 'extension'`.

`default_version` (string)

Версия расширения по умолчанию (та, которая будет установлена, если в `CREATE EXTENSION` не будет указана никакая версия). Хотя этот параметр можно опустить, это приведёт к ошибке в `CREATE EXTENSION` без явного указания `VERSION`, что вряд ли будет желаемым поведением.

`comment` (string)

Комментарий (произвольная строка) к расширению. Комментарий применяется при изначальном создании расширения, но не при обновлениях расширения (так как при этом мог бы заменяться комментарий, заданный пользователем). Комментарий расширения также можно задать посредством команды COMMENT в файле скрипта.

`encoding` (string)

Кодировка символов, используемая в файлах скриптов. Её следует указать, если эти файлы содержат символы не из набора ASCII. По умолчанию предполагается, что эти файлы содержат текст в кодировке базы данных.

`module_pathname` (string)

Значение этого параметра будет подставляться вместо каждого вхождения `MODULE_PATHNAME` в скриптах. Если этот параметр не задан, подстановка не производится. Обычно для этого параметра устанавливается значение `$libdir/*имя_разделяемой_библиотеки*`, а затем в командах `CREATE FUNCTION` для функций на языке C указывается `MODULE_PATHNAME`, чтобы в скриптах не приходилось жёстко задавать имя разделяемой библиотеки.

requires (string)

Список имён расширений, от которых зависит данное, например, requires = 'foo, bar'. Эти расширения должны быть уже установлены, прежде чем можно будет установить данное.

superuser (boolean)

Если этот параметр имеет значение true (по умолчанию), только суперпользователи смогут создать это расширение или обновить его до новой версии. (Однако обратите внимание на свойство trusted, описанное ниже). Если он имеет значение false, для этого будет достаточно прав, необходимых для выполнения команд в установочном скрипте или скрипте обновления. Обычно значение true должно устанавливаться, если для выполнения какой-либо из команд в этих скриптах требуются права суперпользователя. Такие команды в любом случае не будут выполнены успешно, но лучше сообщить пользователю об ошибке заранее.

trusted (boolean)

Если этот параметр имеет значение true (по умолчанию это не так), то расширение, для которого свойство superuser равно true, смогут устанавливать не только суперпользователи. А именно, установить его смогут любые пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных. Когда пользователь, выполняющий CREATE EXTENSION, не является суперпользователем, но ему разрешена установка этого расширения посредством этого параметра, скрипт установки или обновления запускается от имени начального суперпользователя, а не от имени вызывающего пользователя. Этот параметр не играет роли, если свойство superuser равно false. Вообще говоря, этот параметр не следует устанавливать для расширений, которые могут открыть возможности, иначе доступные только суперпользователям, например, предоставить доступ к файловой системе. Кроме того, если расширение помечается как доверенное, написание безопасных скриптов установки и обновления для него требует дополнительных усилий; см. Подраздел 37.17.6.

relocatable (boolean)

Расширение является *перемещаемым*, если относящиеся к нему объекты после создания расширения можно переместить в другую схему. По умолчанию подразумевается false, то есть расширение не считается перемещаемым. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 37.17.2.

schema (string)

Этот параметр может задаваться только для неперемещаемых расширений. Если он задан, расширение можно будет загрузить только в указанную схему и не в какую другую. Подробнее об этом рассказывается ниже. Параметр schema учитывается только при изначальном создании расширения, но не при его обновлении. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 37.17.2.

Помимо главного управляющего файла *расширение*.control, расширение может включать дополнительные управляющие файлы с именами вида *расширение*--*версия*.control. Если они присутствуют, они должны находиться в том же каталоге, что и основной скрипт. Дополнительные управляющие файлы имеют тот же формат, что и основной. Любые параметры, заданные в дополнительном управляющем файле, переопределяют параметры основного файла, когда выполняется установка этой версии расширения или обновление до неё. Однако параметры directory и default_version в дополнительных управляющих файлах задать нельзя.

SQL-скрипты расширений могут содержать любые команды SQL, за исключением команд управления транзакциями (BEGIN, COMMIT и т. д.) и команд, которые не могут выполняться внутри блока транзакции (например, VACUUM). Это объясняется тем, что эти скрипты неявно выполняются в блоке транзакции.

SQL-скрипты расширений также могут содержать строки, начинающиеся с \echo, и они будут игнорироваться (восприниматься как комментарии) механизмом расширений. Это часто используется для вывода ошибки в случае, если этот скрипт выполняется в psql, а не загружается командой

CREATE EXTENSION (см. пример скрипта в Подразделе 37.17.7). Если такое выполнение не предотвратить, пользователи могут случайно загрузить содержимое расширения как «разрозненные» объекты, а не как собственно расширение, и получить состояние, которое довольно сложно исправить.

Если скрипт расширения содержит строку @extowner@, она будет заменена именем (если требуется, заключённым в кавычки) пользователя, выполняющего команду CREATE EXTENSION или ALTER EXTENSION. Обычно это полезно для доверенных расширений, в которых владельцем внутренних объектов назначается не начальный суперпользователь, а вызывающий пользователь. (Однако это следует делать с осторожностью. Например, если назначить обычного пользователя владельцем функции на языке C, это позволит ему повысить свои права.)

Тогда как файлы скриптов могут содержать любые символы, допустимые в указанной кодировке, управляющие файлы могут содержать только ASCII-символы, так как указать кодировку этих файлов в PostgreSQL нет никакой возможности. На практике это представляет проблему, только если вы хотите использовать символы не из набора ASCII в комментарии расширения. В таких случаях рекомендуется не использовать параметр comment в управляющем файле, а вместо этого задать комментарий командой COMMENT ON EXTENSION в файле скрипта.

37.17.2. Перемещаемость расширений

У пользователей часто возникает желание загрузить объекты, содержащиеся в расширении, в схему, отличную от той, что выбрал автор расширения. Насколько это поддерживает расширение, описывается одним из трёх уровней:

- Полностью перемещаемое расширение может быть перемещено в другую схему в любое время, даже после того, как оно загружено в базу данных. Это осуществляется командой ALTER EXTENSION SET SCHEMA, которая автоматически переименовывает все объекты-члены расширения, перенося их в новую схему. Обычно это возможно, только если в расширении нет никаких внутренних предположений о том, в какой схеме находятся все его объекты. Кроме того, все объекты расширения должны находиться в одной исходной схеме (за исключением объектов, не принадлежащих схемам, как например, процедурные языки). Чтобы пометить расширение как полностью перемещаемое, установите relocatable = true в его управляющем файле.
- Расширение может быть перемещаемым в момент установки, но не после. Обычно это имеет место, когда скрипту расширения необходимо явно ссылаться на целевую схему, например, устанавливая свойства search_path для функций SQL. Для такого расширения нужно задать relocatable = false в его управляющем файле и обращаться к целевой схеме в скрипте по псевдоимени @extschema@. Все вхождения этого псевдоимени будут заменены именем выбранной целевой схемы перед выполнением скрипта. Пользователь может выбрать целевую схему в указании SCHEMA команды CREATE EXTENSION.
- Если расширение вовсе не поддерживает перемещение, установите в его управляющем файле relocatable = false, и также задайте в параметре schema имя предполагаемой целевой схемы. Это предотвратит использование указания SCHEMA команды CREATE EXTENSION, если только оно задаёт не то же имя, что определено в управляющем файле. Этот выбор обычно необходим, если в расширении делаются внутренние предположения об именах схемы, которые нельзя свести к использованию псевдоимени @extschema@. Механизм подстановки @extschema@ будет работать и в этом случае, хотя польза от него будет ограниченной, так как имя схемы определяется управляющим файлом.

В любом случае при выполнении файла скрипта параметр search_path изначально будет указывать на целевую схему; то есть, CREATE EXTENSION делает то же, что и:

```
SET LOCAL search_path TO @extschema@, pg_temp;
```

Это позволяет направить объекты, создаваемые скриптом, в целевую схему. Скрипт может изменить search_path, если пожелает, но обычно это нежелательно. Параметр search_path восстанавливает предыдущее значение по завершении CREATE EXTENSION.

Целевая схема определяется параметром `schema` (если он задан) в управляющем файле, либо указанием `SCHEMA` команды `CREATE EXTENSION` (если оно присутствует), а в противном случае выбирается текущая схема для создания объектов по умолчанию (первая указанная в параметре `search_path` вызывающего). Когда используется параметр управляющего файла `schema`, целевая схема будет создана, если она ещё не существует, но в двух других случаях она должна уже существовать.

Если в параметре `requires` в управляющем файле расширения указаны какие-либо расширения, необходимые для данного, их целевые схемы добавляются к начальному значению `search_path` после целевой схемы нового расширения. Благодаря этому их объекты видны для скрипта нового расширения.

В целях безопасности схема `pg_temp` всегда автоматически добавляется в конец `search_path`.

Хотя неперемещаемое расширение может содержать объекты, распределяемые по нескольким схемам, обычно желательно поместить все объекты, предназначенные для внешнего использования, в одну схему, назначенную целевой схемой расширения. Такой порядок будет хорошо согласовываться со значением `search_path` по умолчанию в процессе создания зависимых расширений.

37.17.3. Конфигурационные таблицы расширений

Некоторые расширения включают конфигурационные таблицы, содержащие данные, которые могут быть добавлены или изменены пользователем после установки расширения. Обычно, если таблица является частью расширения, ни определение таблицы, ни её содержимое не будет выгружаться утилитой pg_dump. Но это поведение нежелательно для конфигурационных таблиц — изменения, внесённые в них пользователем, должны выгружаться; в противном случае расширение будет вести себя по-другому, когда будет загружено вновь.

Чтобы решить эту проблему, скрипт расширения может пометить созданную им таблицу или последовательность как конфигурационное отношение, в результате чего pg_dump включит в выгружаемые данные содержимое (но не определение) этой таблицы или последовательности. Для этого нужно вызвать функцию `pg_extension_config_dump(regclass, text)` после создания таблицы или последовательности, например так:

```
CREATE TABLE my_config (key text, value text);
CREATE SEQUENCE my_config_seq;

SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config', '');
SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config_seq', '');
```

Так можно пометить любое число таблиц или последовательностей, в том числе последовательности, связанные со столбцами `serial` или `bigserial`.

Когда второй аргумент `pg_extension_config_dump` — пустая строка, pg_dump выгружает всё содержимое таблицы. Обычно это правильно, только если после создания скриптом расширения эта таблица изначально пуста. Если же в таблице оказывается смесь начальных данных и данных, добавленных пользователем, во втором аргументе `pg_extension_config_dump` передаётся условие `WHERE`, которое отфильтровывает данные, подлежащие выгрузке. Например, имея таблицу, созданную таким образом:

```
CREATE TABLE my_config (key text, value text, standard_entry boolean);

SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config', 'WHERE NOT standard_entry');
```

можно сделать так, чтобы поле `standard_entry` содержало true только для строк, создаваемых скриптом расширения.

Для последовательностей второй аргумент функции `pg_extension_config_dump` не имеет значения.

В более сложных ситуациях, когда пользователи могут модифицировать и изначально существовавшие строки, можно создать триггеры для конфигурационной таблицы, которые корректно пометят изменённые строки.

Условие фильтра, связанное с конфигурационной таблицей, можно изменить, повторно вызвав `pg_extension_config_dump`. (Обычно это находит применение в скрипте обновления расширения.) Единственный способ обозначить, что некоторая таблица более не является конфигурационной — разорвать её связь с расширением командой `ALTER EXTENSION ... DROP TABLE`.

Заметьте, что отношения внешних ключей между таблицами определяют порядок, в котором эти таблицы будет выгружать pg_dump. В частности, pg_dump попытается выгрузить сначала основную таблицу, а затем подчинённую. Так как отношения внешних ключей устанавливаются во время выполнения CREATE EXTENSION (до загрузки данных в таблицы), циклические зависимости не поддерживаются. Когда образуются циклические зависимости, данные тем не менее будут выгружены, но полученный архив нельзя будет восстановить обычным образом, потребуется вмешательство пользователя.

Чтобы сохранить состояние последовательностей, связанных со столбцами `serial` или `bigserial`, их нужно помечать непосредственно. Для этой цели недостаточно пометить только их родительское отношение.

37.17.4. Обновление расширений

Один из плюсов механизма расширений заключается в том, что он предоставляет удобные способы управления обновлениями SQL-команд, определяющих объекты расширения. В частности, каждой выпускаемой версии установочного скрипта расширения назначается имя или номер версии. Кроме того, если вы хотите, чтобы пользователи могли динамически обновлять одну версию расширения до другой, вы должны предоставить *скрипты обновления*, которые внесут необходимые изменения для перехода от старой версии к новой. Скриптам обновлений назначаются имена, соответствующие шаблону *`расширение--старая_версия--новая_версия`*`.sql` (например, `foo--1.0--1.1.sql` будет содержать команды, меняющие версию `1.0` расширения `foo` на версию `1.1`).

С условием, что имеется подходящий скрипт расширения, команда `ALTER EXTENSION UPDATE` обновит установленное расширение до указанной новой версии. Скрипт обновления запускается в том же окружении, которое организует команда `CREATE EXTENSION` для установочных скриптов: в частности, `search_path` устанавливается таким же образом, а любые новые объекты, созданные скриптом, автоматически добавляются в расширение. И если скрипт решит удалить объекты-члены расширения, они будут автоматически исключены из его состава.

Если у расширения есть дополнительные управляющие файлы, для скрипта обновления применяются те параметры, которые связаны с целевой (новой) версией скрипта.

`ALTER EXTENSION` также может выполнять последовательности скриптов обновления для получения запрошенной версии. Например, если имеются только скрипты `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--2.0.sql`, `ALTER EXTENSION` будет применять их по порядку, если при установленной версии `1.0` запрошено обновлении до версии `2.0`.

PostgreSQL не делает никаких предположений о свойствах имён версий: например, он не знает, следует ли версия `1.1` за `1.0`. Он просто сопоставляет имена имеющихся версий и следует пути, который требует применить как можно меньше скриптов обновлений. (Именем версии на самом деле может быть любая строка, которая не содержит `--` и при этом не начинается и не заканчивается символом `-`.)

Иногда бывают полезны скрипты «понижения версии», например, `foo--1.1--1.0.sql`, которые позволяют откатить изменения, связанные с версией `1.1`. Если вы применяете их, учтите, что есть вероятность неожиданного выполнения такого скрипта, если он окажется в кратчайшем пути. Рискованная ситуация возникает при наличии скрипта обновления по «короткому пути», который перепрыгивает через несколько версий, и скрипта понижения версии до начальной точки первого скрипта. В результате может получиться так, что понижение версии с последующим обновлением по короткому пути окажется на несколько шагов короче, чем последовательное повышение версии. Если скрипт понижения версии удаляет какие-либо незаменимые объекты, это может привести к нежелательным результатам.

Чтобы убедиться, что при обновлении не будет выбран нежелательный путь, воспользуйтесь этой командой:

```
SELECT * FROM pg_extension_update_paths('имя_расширения');
```

Она показывает каждую пару различных известных имён версий для указанного расширения, вместе с последовательностью обновления, которая будет выбрана для перехода от одной версии к другой, либо `NULL`, если путь обновления не находится. Путь выводится в текстовом виде с разделителями `--`. Если вы предпочитаете формат массива, вы можете применить `regexp_split_to_array(path,'--')`.

37.17.5. Установка расширений скриптами обновления

Расширение, существующее некоторое время, вероятно, будет иметь несколько версий, для которых автору надо будет писать скрипты обновления. Например, если вы выпустили расширение `foo` версий `1.0`, `1.1` и `1.2`, у вас должны быть скрипты обновления `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--1.2.sql`. До PostgreSQL версии 10 необходимо было также создавать файлы скриптов `foo--1.1.sql` и `foo--1.2.sql`, которые устанавливают непосредственно новые версии скриптов; в противном случае их можно было установить, только установив `1.0` и произведя обновление. Это было утомительно и неэффективно, но теперь такой необходимости нет, так как команда `CREATE EXTENSION` может сама построить цепочку обновлений. Например, если имеются только файлы скриптов `foo--1.0.sql`, `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--1.2.sql`, то запрос на установку версии `1.2` удовлетворяется запуском этих трёх скриптов по очереди. Это не будет отличаться от установки версии `1.0` с последующим обновлением до `1.2`. (Как и с командой `ALTER EXTENSION UPDATE`, при наличии нескольких путей выбирается самый короткий.) Организация скриптов расширения по такой схеме может упростить сопровождение небольших обновлений.

Если вы используете дополнительные (ориентированные на версию) управляющие файлы для расширения, поддерживаемого по такой схеме, имейте в виду, что управляющий файл нужен для каждой версии, даже если для неё нет отдельного скрипта установки, так как этот файл будет определять, как произвести неявное обновление до этой версии. Например, если в файле `foo--1.0.control` задаётся `requires = 'bar'`, а в других управляющих файлах `foo` — нет, зависимость расширения от `bar` будет удалена при обновлении с версии `1.0` до другой.

37.17.6. Замечания о безопасности расширений

Широко распространяемые расширения не должны строить никаких предположений относительно базы данных, в которой они находятся. Таким образом, функции, предоставляемые расширениями, следует писать в безопасном стиле, так, чтобы их нельзя было скомпрометировать в атаках с использованием пути поиска.

Расширение, у которого свойство `superuser` имеет значение true, должно быть также защищено от угроз безопасности, связанных с действиями, которые выполняются при установке и обновлении расширения. Для злонамеренного пользователя не составит большого труда создать объект типа троянского коня, который впоследствии скомпрометирует выполнение неаккуратно написанного скрипта расширения и позволит этому пользователю стать суперпользователем.

Если расширение имеет характеристику `trusted`, вызывающий пользователь может выбрать схему, в которую оно будет устанавливаться. При этом он может намеренно выбрать небезопасную схему в надежде получить таким образом права суперпользователя. Поэтому доверенное расширение крайне уязвимо с точки зрения безопасности, так что все содержащиеся в его скриптах команды необходимо тщательно проверять, чтобы исключить возможность его компрометации.

Советы по безопасному написанию функций представлены ниже в Подразделе 37.17.6.1, а советы по написанию установочных скриптов — в Подразделе 37.17.6.2.

37.17.6.1. Замечания о безопасности функций в расширениях

Функции, реализованные в расширениях на языках SQL и PL*, подвержены атакам с использованием пути поиска во время выполнения, так как синтаксический разбор этих функций имеет место, когда они выполняются, а не когда создаются.

На странице CREATE FUNCTION даётся полезный совет по безопасному написанию функций с характеристикой SECURITY DEFINER. Эти приёмы рекомендуется применять и для функций, предоставляемых расширениями, так как подобная функция может вызываться пользователем с расширенными правами.

Если вы не можете оставить в search_path только безопасные схемы, считайте, что каждое заданное без схемы имя может быть разрешено в объект, созданный злонамеренным пользователем. Избегайте конструкций, явно зависящих от search_path; например, IN и CASE *выражение* WHEN всегда выбирают оператор по пути поиска. Вместо них следует использовать конструкции OPERATOR(*схема*.=) ANY и CASE WHEN *выражение*.

Расширения общего назначения не должны рассчитывать на то, что они устанавливаются в безопасную схему, что означает, что даже ссылаться на собственные объекты с указанием схемы в них небезопасно. Например, если в расширении определена функция myschema.myfunc(bigint), её вызов в виде myschema.myfunc(42) можно перехватить, создав специальную функцию myschema.myfunc(integer). Позаботьтесь о том, чтобы типы параметров функций и операторов в точности соответствовали объявленным типам их аргументов, и используйте явные приведения, где это необходимо.

37.17.6.2. Замечания о безопасности скриптов расширений

Скрипт установки или обновления расширения следует защищать от атак, осуществляемых во время выполнения с использованием пути поиска. Если имя объекта, который должен использоваться в скрипте по замыслу автора, может быть разрешено в какой-либо другой объект, компрометация расширения произойдёт сразу либо позже, когда объект расширения будет использоваться.

Команды DDL, например CREATE FUNCTION и CREATE OPERATOR CLASS, в целом безопасны, но будьте бдительны в отношении команд, в которых фигурируют произвольные запросы и выражения. Например, требуют проверки команды CREATE VIEW, а также выражения DEFAULT в CREATE FUNCTION.

Иногда в скрипте расширения возникает потребность выполнить произвольный SQL, например, чтобы внести в каталог изменения, невозможные через DDL. В этом случае обязательно выполняйте такие команды с безопасным search_path; *не* доверяйте пути, установленному при выполнении CREATE/ALTER EXTENSION. Для этого рекомендуется временно сменить search_path на pg_catalog, pg_temp и добавить явные указания схемы, в которую устанавливается расширение, везде, где это требуется. (Этот приём также может быть полезен при создании представлений.) Практические примеры вы можете найти в модулях contrib в исходном коде PostgreSQL.

Ссылки на другие расширения крайне сложно полностью обезопасить, отчасти из-за отсутствия понимания, в какой схеме находится другое расширения. Риски уменьшаются, если оба расширения устанавливаются в одну схему, так как в этом случае зловредный объект не может оказаться перед объектами в схеме целевого расширения при используемом во время установки search_path. Однако в настоящее время нет механизма, который бы это требовал. Поэтому на данный момент рекомендуется не помечать расширение как доверенное, если оно зависит от других, не считая тех, что уже установлены в схему pg_catalog.

37.17.7. Пример расширения

Здесь представлен полный пример расширения, в котором средствами исключительно SQL реализуется составной тип с двумя элементами, который может сохранить в своих слотах значения любого типа, названные «k» и «v». Для хранения все значения переводятся в текстовый формат (если они имеют другой формат).

Файл скрипта pair--1.0.sql выглядит так:

```
-- complain if script is sourced in psql, rather than via CREATE EXTENSION
\echo Use "CREATE EXTENSION pair" to load this file. \quit

CREATE TYPE pair AS ( k text, v text );
```

```
CREATE FUNCTION pair(text, text)
RETURNS pair LANGUAGE SQL AS 'SELECT ROW($1, $2)::@extschema@.pair;';

CREATE OPERATOR ~> (LEFTARG = text, RIGHTARG = text, FUNCTION = pair);

-- "SET search_path" is easy to get right, but qualified names perform better.
CREATE FUNCTION lower(pair)
RETURNS pair LANGUAGE SQL
AS 'SELECT ROW(lower($1.k), lower($1.v))::@extschema@.pair;'
SET search_path = pg_temp;

CREATE FUNCTION pair_concat(pair, pair)
RETURNS pair LANGUAGE SQL
AS 'SELECT ROW($1.k OPERATOR(pg_catalog.||) $2.k,
               $1.v OPERATOR(pg_catalog.||) $2.v)::@extschema@.pair;';
```

Управляющий файл `pair.control` выглядит так:

```
# расширение pair
comment = 'Тип данных для пары ключ/значение'
default_version = '1.0'
# расширение не может быть перемещаемым, так как использует @extschema@
relocatable = false
```

Хотя вам вряд ли понадобится сборочный файл, только для того, чтобы установить эти два файла в нужный каталог, вы можете использовать `Makefile` следующего содержания:

```
EXTENSION = pair
DATA = pair--1.0.sql

PG_CONFIG = pg_config
PGXS := $(shell $(PG_CONFIG) --pgxs)
include $(PGXS)
```

Этот Makefile опирается на инфраструктуру PGXS, которая описывается в Разделе 37.18. С ним команда `make install` установит управляющий файл и скрипт в правильный каталог, который определит pg_config.

Когда эти файлы будут установлены, выполните команду CREATE EXTENSION, чтобы загрузить объекты в определённую базу данных.

37.18. Инфраструктура сборки расширений

Если вы задумываетесь о распространении ваших модулей расширения PostgreSQL, знайте, что организовать для них портируемую систему сборки может быть довольно сложно. Поэтому инсталляция PostgreSQL включает инфраструктуру сборки расширений, названную PGXS, так что несложные модули расширений можно собрать просто в среде установленного сервера. PGXS предназначена в первую очередь для расширений, написанных на C, хотя её можно применять и для расширения на чистом SQL. Заметьте, что PGXS не претендует на роль универсальной инфраструктуры сборки, способной собрать любой программный объект, взаимодействующий с PostgreSQL; она просто автоматизирует общие правила для сборки простых модулей расширения сервера. Для более сложных пакетов вам придётся разработать собственную систему сборки.

Чтобы использовать инфраструктуру PGXS для вашего расширения, вы должны написать простой сборочный файл. В нём вы должны установить нужные переменные и подключить глобальный сборочный файл PGXS. Следующий пример собирает модуль расширения с именем `isbn_issn`, который включает разделяемую библиотеку, написанную на C, управляющий файл расширения, SQL-скрипт, текстовый файл документации и заголовочный файл (он нужен, только если другие модули будут вызывать функции данного расширения напрямую, без использования SQL):

```
MODULES = isbn_issn
EXTENSION = isbn_issn
DATA = isbn_issn--1.0.sql
DOCS = README.isbn_issn
HEADERS_isbn_issn = isbn_issn.h

PG_CONFIG = pg_config
PGXS := $(shell $(PG_CONFIG) --pgxs)
include $(PGXS)
```

Последние три строки всегда должны быть такими. Выше в файле вы определяете переменные или добавляете собственные правила для make.

Установите одну из этих трёх переменных, чтобы указать, что будет собрано:

`MODULES`

: список объектов разделяемых библиотек, которые должны быть собраны из исходных файлов с одной основой (суффиксы библиотек в этом списке не указываются)

`MODULE_big`

: разделяемая библиотека, которая должна быть собрана из нескольких исходных файлов (объектные файлы перечисляются в `OBJS`)

`PROGRAM`

: исполняемая программа, которая должна быть собрана (объектные файлы перечисляются в `OBJS`)

Также можно установить следующие переменные:

`EXTENSION`

: имена расширений(я); для каждого имени вы должны предоставить файл *расширение*`.control`, который будет установлен в *префикс*`/share/extension`

`MODULEDIR`

: подкаталог в каталоге *префикс*`/share`, в который должны устанавливаться файлы DATA и DOCS (если не задан, подразумевается `extension`, если установлена переменная `EXTENSION`, или `contrib` в противном случае)

`DATA`

: произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс*`/share/$MODULEDIR`

`DATA_built`

: произвольные файлы, которые должны быть сначала собраны, а затем установлены в *префикс*`/share/$MODULEDIR`

`DATA_TSEARCH`

: произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс*`/share/tsearch_data`

`DOCS`

: произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс*`/doc/$MODULEDIR`

`HEADERS`
`HEADERS_built`

: Файлы, которые будут устанавливаться (и, возможно, собираться) в *префикс*`/include/server/$MODULEDIR/$MODULE_big`.

В отличие от файлов `DATA_built`, файлы в `HEADERS_built` не удаляются при выполнении цели `clean`; если вы хотите удалять их, добавьте их в `EXTRA_CLEAN` или напишите собственные правила для этого.

`HEADERS_$MODULE`
`HEADERS_built_$MODULE`

Файлы, которые будут устанавливаться (если требуется, после сборки) в *префикс*`/include/server/$MODULEDIR/$MODULE`, где в качестве `$MODULE` должно задаваться имя модуля, фигурирующее в `MODULES` или `MODULE_big`.

В отличие от файлов `DATA_built`, файлы в `HEADERS_built_$MODULE` не удаляются при выполнении цели `clean`; если вы хотите удалять их, добавьте их в `EXTRA_CLEAN` или напишите собственные правила для этого.

Для одного модуля вполне можно использовать обе переменные в любом сочетании, если только в вашем списке `MODULES` не присутствуют два имени, отличающиеся только префиксом `built_`, что приводит к неоднозначности. В этом (очень маловероятном) случае следует использовать только переменные `HEADERS_built_$MODULE`.

`SCRIPTS`

скрипты (не двоичные файлы), которые должны быть установлены в *префикс*`/bin`

`SCRIPTS_built`

скрипты (не двоичные файлы), которые должны быть сначала собраны, а затем установлены в *префикс*`/bin`

`REGRESS`

список тестов регрессий (без суффикса), см. ниже

`REGRESS_OPTS`

дополнительные параметры, передаваемые pg_regress

`ISOLATION`

список изоляционных тестов, см. ниже

`ISOLATION_OPTS`

дополнительные параметры, передаваемые pg_isolation_regress

`TAP_TESTS`

переключатель, определяющий, нужно ли запускать TAP-тесты; см. ниже

`NO_INSTALLCHECK`

не определять цель `installcheck`; это полезно, если тестам требуется особая конфигурация или pg_regress не используется

`EXTRA_CLEAN`

дополнительные файлы, которые должны быть удалены при `make clean`

`PG_CPPFLAGS`

флаги, добавляемые перед другими в `CPPFLAGS`

`PG_CFLAGS`

флаги, добавляемые в `CFLAGS`

PG_CXXFLAGS

флаги, добавляемые в CXXFLAGS

PG_LDFLAGS

флаги, добавляемые перед другими в LDFLAGS

PG_LIBS

будет добавлено в строку компоновки PROGRAM

SHLIB_LINK

будет добавлено в строку компоновки MODULE_big

PG_CONFIG

путь к программе pg_config в инсталляции PostgreSQL, с которой будет выполняться сборка (обычно указывается просто pg_config, и используется первый экземпляр, найденный по пути в PATH)

Поместите этот сборочный файл под именем Makefile в каталог, где находится ваше расширение. После этого выполните make, чтобы скомпилировать, а затем make install, чтобы установить ваш модуль. По умолчанию расширение компилируется и устанавливается для той инсталляции PostgreSQL, которая соответствует экземпляру pg_config, найденному первым при поиске по пути в PATH. Чтобы использовать другую инсталляцию, вы можете задать в PG_CONFIG путь к её экземпляру pg_config либо внутри сборочного файла, либо в командном файле make.

Вы также можете запустить make в каталоге вне каталога исходного дерева вашего расширения, если хотите отделить каталог сборки. Эта процедура называется сборкой с *VPATH* и выполняется так:

```
mkdir build_dir
cd build_dir
make -f /path/to/extension/source/tree/Makefile
make -f /path/to/extension/source/tree/Makefile install
```

Также вы можете подготовить каталог для сборки с VPATH таким же образом, как это делается в коде ядра сервера. Как один из вариантов, для этого можно воспользоваться скриптом ядра config/prep_buildtree. Затем вы сможете выполнить сборку, установив переменную VPATH для make таким образом:

```
make VPATH=/path/to/extension/source/tree
make VPATH=/path/to/extension/source/tree install
```

Эта процедура поддерживает самые разные расположения каталогов.

Скрипты, перечисленные в переменной REGRESS, используются для регрессионного тестирования модуля, и вызвать их можно командой make installcheck после make install. Для проведения тестирования необходим работающий сервер PostgreSQL. Файлы скриптов, перечисленные в REGRESS, должны размещаться в подкаталоге sql/ каталога расширения. Эти файлы должны иметь расширение .sql, но указывать его в списке REGRESS в сборочном файле не нужно. Для каждого теста также должен создаваться файл с ожидаемым выводом в подкаталоге expected/, с тем же базовым именем и расширением .out. Команда make installcheck выполнит каждый тест в psql и сравнит полученный вывод с ожидаемым. Все выявленные различия будут записаны в файл regression.diffs в формате команды diff -c. Заметьте, что при попытке запустить тест без файла ожидаемого вывода этот тест будет отмечен как «проблемный», поэтому убедитесь, что все такие файлы присутствуют.

Скрипты, перечисленные в переменной ISOLATION, используются для тестирования работы модуля при параллельной нагрузке, и вызвать их можно командой make installcheck после make install. Для проведения тестирования необходим работающий сервер PostgreSQL. Файлы скриптов, перечисленные в ISOLATION, должны размещаться в подкаталоге specs/ каталога вашего расширения. Эти файлы должны иметь расширение .spec, которое не должно включаться в список ISOLATION в Makefile. Для каждого теста также должен создаваться файл с ожидаемым выводом в подкаталоге expected/, с тем же базовым именем и расширением .out. Команда make installcheck выполнит каждый тест и сравнит полученный вывод с ожидаемым. Все выявленные различия будут записаны в файл output_iso/regression.diffs в формате команды diff -c. Заметьте, что при попытке запустить тест без файла ожидаемого вывода этот тест будет отмечен как «проблемный», поэтому убедитесь, что все такие файлы присутствуют.

Переменная TAP_TESTS включает использование TAP-тестов. Данные, получаемые на каждом прогоне теста, помещаются в подкаталог tmp_check/. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 32.4.

Подсказка

Проще всего для этого создать пустые файлы ожидаемого вывода, а затем выполнить тест (при этом, конечно, будут выявлены несоответствия). Изучите полученные файлы результатов, сохранённые в каталоге results/ (для тестов REGRESS) или каталоге output_iso/results/ (для тестов в ISOLATION), и, если они соответствуют вашим ожиданиям от теста, скопируйте их в expected/.

Глава 38. Триггеры

В этой главе содержится общая информация о разработке триггерных функций. Триггерные функции могут быть написаны на большинстве доступных процедурных языков, включая PL/pgSQL (Глава 42), PL/Tcl (Глава 43), PL/Perl (Глава 44) и PL/Python (Глава 45). После прочтения этого раздела, следует обратиться к разделу, посвящённому любимому процедурному языку, чтобы узнать специфические для него детали разработки триггеров.

Триггерные функции можно писать и на C, хотя большинство людей находит, что проще использовать один из процедурных языков. В настоящее время невозможно написать триггерную функцию на чистом SQL.

38.1. Обзор механизма работы триггеров

Триггер является указанием, что база данных должна автоматически выполнить заданную функцию, всякий раз когда выполнен определённый тип операции. Триггеры можно использовать с таблицами (секционированными и обычными), с представлениями и с внешними таблицами.

Для обычных и сторонних таблиц можно определять триггеры, которые будут срабатывать до или после любой из команд `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`; либо один раз для каждой модифицируемой строки, либо один раз для оператора SQL. Триггеры на `UPDATE` можно установить так, чтобы они срабатывали, только когда в предложении `SET` оператора `UPDATE` упоминаются определённые столбцы. Также триггеры могут срабатывать для операторов `TRUNCATE`. Если происходит событие триггера, для обработки этого события в установленный момент времени вызывается функция триггера.

Для представлений триггеры могут быть определены для выполнения вместо операций `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Такие триггеры `INSTEAD OF` вызываются единожды для каждой строки, которая должна быть изменена в этом представлении. Именно функция триггера отвечает за то, чтобы произвести необходимые изменения в нижележащих базовых таблицах представления и должным образом возвращать изменённые строки, чтобы они появлялись в представлении. Триггеры для представлений тоже могут быть определены так, что они будут выполняться единожды для всего оператора SQL, до или после операций `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. Однако такие триггеры срабатывают, только если для представления определён триггер `INSTEAD OF`. В противном случае все операторы, обращающиеся к представлению, должны быть переписаны в виде операторов, обращающихся к нижележащим базовым таблицам, и тогда будут срабатывать триггеры, установленные для этих таблиц.

Триггерная функция должна быть создана до триггера. Она должна быть объявлена без аргументов и возвращать тип `trigger`. (Триггерная функция получает данные на вход посредством специально переданной структуры `TriggerData`, а не в форме обычных аргументов.)

После создания триггерной функции создаётся триггер с помощью CREATE TRIGGER. Одна и та же триггерная функция может быть использована для нескольких триггеров.

PostgreSQL предлагает как *построчные*, так и *операторные* триггеры. В случае построчного триггера триггерная функция вызывается один раз для каждой строки, затронутой оператором, запустившим триггер. Операторный же триггер, напротив, вызывается только один раз при выполнении соответствующего оператора, независимо от количества строк, которые он затрагивает. В частности оператор, который не затрагивает никаких строк, всё равно приведёт к срабатыванию операторного триггера. Эти два типа триггеров также называют триггерами *уровня строк* и триггерами *уровня оператора*, соответственно. Триггеры на `TRUNCATE` могут быть определены только на уровне оператора, а не на уровне строк.

Триггеры также классифицируются в соответствии с тем, срабатывают ли они до, после или вместо операции. Они называются триггерами `BEFORE`, `AFTER` и `INSTEAD OF`, соответственно. Триггеры `BEFORE` уровня оператора срабатывают до того, как оператор начинает делать что-либо, тогда как триггеры `AFTER` уровня оператора срабатывают в самом конце работы оператора. Эти типы триггеров могут быть определены для таблиц, представлений или сторонних таблиц. Триггеры `BEFORE` уровня строки срабатывают непосредственно перед обработкой конкретной строки, в то время как триггеры AFTER уровня строки срабатывают в конце работы всего оператора (но до любого из триггеров AFTER уровня оператора). Эти типы триггеров могут определяться только для таблиц, в том числе сторонних, но не для представлений. Триггеры INSTEAD OF могут определяться только для представлений и только на уровне строк: они срабатывают для каждой строки сразу после того как строка представления идентифицирована как подлежащая обработке.

Оператор, нацеленный на родительскую таблицу в иерархии наследования или секционирования, не вызывает срабатывания триггеров уровня оператора для задействованных дочерних таблиц; срабатывать будут только такие триггеры для родительской таблицы. Однако если для этих дочерних таблиц установлены триггеры уровня строк, они будут срабатывать.

Если запрос INSERT содержит предложение ON CONFLICT DO UPDATE, возможно совместное применение и триггеров уровня строк BEFORE INSERT, и триггеров уровня строк BEFORE UPDATE, которое отразится в окончательном состоянии изменяемой строки, если в запросе задействуются столбцы EXCLUDED. При этом обращение к EXCLUDED не обязательно должно иметь место в обоих наборах триггеров BEFORE на уровне строк. Следует рассмотреть возможность получения неожиданного результата, когда имеются и триггеры BEFORE INSERT, и BEFORE UPDATE на уровне строки, и они вместе модифицируют добавляемую/изменяемую строку (проблемы возможны, даже если изменения более или менее равнозначные, но при этом не идемпотентные). Заметьте, что триггеры UPDATE уровня оператора вызываются при ON CONFLICT DO UPDATE независимо от того, будут ли изменены какие-либо строки в результате UPDATE (и даже в случае, когда альтернативный путь UPDATE вообще не выбирается). При выполнении запроса INSERT с предложением ON CONFLICT DO UPDATE сначала выполняются триггеры BEFORE INSERT, затем триггеры BEFORE UPDATE, потом триггеры AFTER UPDATE и, наконец, AFTER INSERT (речь идёт о триггерах на уровне операторов).

Если оператор UPDATE в секционированной таблице должен переместить строку в другую секцию, это перемещение реализуется в результате выполнения DELETE в исходной секции и последующего INSERT в новой секции. При этом в исходной секции срабатывают все триггеры BEFORE UPDATE и BEFORE DELETE уровня строк. Затем в целевой секции срабатывают все триггеры BEFORE INSERT уровня строк. Следует иметь в виду, что в случаях, когда все эти триггеры модифицируют перемещаемую строку, полученный результат может быть неожиданным. Если рассматривать триггеры AFTER ROW, то применяться будут триггеры AFTER DELETE и AFTER INSERT, но не триггеры AFTER UPDATE, так как команда UPDATE заменяется на DELETE и INSERT. Если же рассматривать триггеры уровня операторов, ни триггеры DELETE, ни триггеры INSERT не будут срабатывать, даже если производится перемещение строк; сработают только триггеры UPDATE, установленные в целевой таблице оператора UPDATE.

Триггерные функции, вызываемые триггерами операторов, должны всегда возвращать NULL. Триггерные функции, вызываемые триггерами строк, могут вернуть строку таблицы (значение типа HeapTuple). У триггера уровня строки, срабатывающего до операции, есть следующий выбор:

- Можно вернуть NULL, чтобы пропустить операцию для текущей строки. Это указывает исполнителю запросов, что не нужно выполнять операцию со строкой вызвавшей триггер (вставку, изменение или удаление конкретной строки в таблице).
- Возвращаемая строка для триггеров INSERT или UPDATE будет именно той, которая будет вставлена или обновлена в таблице. Это позволяет триггерной функции изменять вставляемую или обновляемую строку.

Если в триггере BEFORE уровня строки не планируется использовать любой из этих вариантов, то нужно аккуратно вернуть в качестве результата ту же строку, которая была передана на вход (то есть строку NEW для триггеров INSERT и UPDATE, или строку OLD для триггеров DELETE).

Триггер уровня строки INSTEAD OF должен вернуть либо NULL, чтобы указать, что он не модифицирует базовые таблицы представления, либо он должен вернуть строку представления, полученную на входе (строку NEW для операций INSERT и UPDATE или строку OLD для операций DELETE). Отличное от NULL возвращаемое значение сигнализирует, что триггер выполнил необходимые изменения данных в представлении. Это приведёт к увеличению счётчика количества строк, затронутых командой. Для операций INSERT и UPDATE (и только для них) триггер может изменить строку NEW перед тем как её вернуть. В результате будут изменены данные, возвращаемые INSERT RETURNING или UPDATE RETURNING, что полезно, когда представление должно возвращать не те данные, что были получены.

Возвращаемое значение игнорируется для триггеров уровня строки, вызываемых после операции, поэтому они могут возвращать NULL.

Генерируемые столбцы заслуживают отдельного внимания. Сохраняемые генерируемые столбцы вычисляются после триггеров BEFORE и перед триггерами AFTER. Таким образом, в триггерах AFTER можно наблюдать сгенерированное значение. В триггерах BEFORE строка OLD, как можно было ожидать, содержит предыдущее значение, однако в строке NEW ещё не содержится новое сгенерированное значение, и обращаться к нему не следует. На уровне языка C содержимое столбца в этот момент считается неопределённым; более высокоуровневые языки должны блокировать обращения к сохраняемому генерируемому столбцу в строке NEW внутри триггера BEFORE. Изменённые в триггере BEFORE значения генерируемого столбца игнорируются и будут перезаписаны.

Если есть несколько триггеров на одно и то же событие для одной и той же таблицы, то они будут вызываться в алфавитном порядке по имени триггера. Для триггеров BEFORE и INSTEAD OF потенциально изменённая строка, возвращаемая одним триггером, становится входящей строкой для следующего триггера. Если любой из триггеров BEFORE или INSTEAD OF возвращает NULL, операция для этой строки прекращается и последующие триггеры (для этой строки) не срабатывают.

В определении триггера можно указать логическое условие WHEN, которое будет проверяться, чтобы посмотреть, нужно ли запускать триггер. В триггерах уровня строки в условии WHEN можно проверять старые и/или новые значения столбцов строки. (В триггерах уровня оператора также можно использовать условие WHEN, хотя в этом случае это не так полезно.) В триггерах BEFORE условие WHEN вычисляется непосредственно перед тем, как триггерная функция будет выполнена, поэтому использование WHEN существенно не отличается от выполнения той же проверки в самом начале триггерной функции. Однако в триггерах AFTER условие WHEN вычисляется сразу после обновления строки и от этого зависит, будет ли поставлено в очередь событие запуска триггера в конце оператора или нет. Поэтому, когда условие WHEN в триггере AFTER не возвращает истину, не требуется ни постановка события в очередь, ни повторная выборка этой строки в конце оператора. Это может существенно ускорить работу операторов, изменяющих большое количество строк, с триггером, который должен сработать только для нескольких. В триггерах INSTEAD OF не поддерживается использование условий WHEN.

Как правило, триггеры BEFORE уровня строки используются для проверки или модификации данных, которые будут вставлены или изменены. Например, триггер BEFORE можно использовать для вставки текущего времени в столбец timestamp или проверки, что два элемента строки согласованы между собой. Триггеры AFTER уровня строки наиболее разумно использовать для каскадного обновления данных в других таблицах или проверки согласованности сделанных изменений с данными в других таблицах. Причина для такого разделения работы в том, что триггер AFTER видит окончательное значение строки, в то время как для триггера BEFORE это не так, ведь могут быть другие триггеры BEFORE, которые сработают позже. Если нет особых причин для выбора между триггерами BEFORE или AFTER, то триггер BEFORE предпочтительнее, так как не требует сохранения информации об операции до конца работы оператора.

Если триггерная функция выполняет команды SQL, эти команды могут заново запускать триггеры. Это известно как каскадные триггеры. Прямых ограничений на количество каскадных уровней не существует. Вполне возможно, что каскадные вызовы приведут к рекурсивному срабатыванию одного и того же триггера. Например, в триггере INSERT может выполняться команда, которая добавляет строку в эту же таблицу, тем самым опять вызывая триггер на INSERT. Обязанность программиста не допускать бесконечную рекурсию в таких случаях.

При определении триггера можно указывать аргументы. Цель включения аргументов в определение триггера в том, чтобы позволить разным триггерам с аналогичными требованиями вызывать одну и ту же функцию. В качестве примера можно создать обобщенную триггерную функцию, которая принимает два аргумента с именами столбцов и записывает текущего пользователя в первый аргумент и текущий штамп времени во второй. При правильном написании такая триггерная функция будет независима от конкретной таблицы, для которой она будет запускаться. Таким образом, одна и та же функция может использоваться при выполнении `INSERT` в любую таблицу с соответствующими столбцами, чтобы, например, автоматически отслеживать создание записей в транзакционной таблице. Для триггеров `UPDATE` аргументы также могут использоваться для отслеживания последних сделанных изменений.

У каждого языка программирования, поддерживающего триггеры, есть свой собственный метод доступа из триггерной функции к входным данным триггера. Входные данные триггера включают в себя тип события (например, `INSERT` или `UPDATE`), а также любые аргументы, перечисленные в `CREATE TRIGGER`. Для триггеров уровня строки входные данные также включают строку `NEW` для триггеров `INSERT` и `UPDATE` и/или строку `OLD` для триггеров `UPDATE` и `DELETE`.

Триггеры уровня оператора по умолчанию не имеют возможностей для проверки отдельных строк, модифицированных оператором. Но триггер `AFTER STATEMENT` может запросить создание для него *переходных таблиц*, чтобы ему были доступны наборы затрагиваемых операцией строк. Триггерам `AFTER ROW` также могут предоставляться переходные таблицы, чтобы они могли видеть все изменения в таблице, а не только изменения в отдельных строках, для которых они срабатывают. Метод обращения к переходным таблицам определяется применяемым языком программирования, но обычно переходные таблицы представляются как временные таблицы только для чтения, к которым в триггерной функции можно обращаться, выполняя SQL-команды.

38.2. Видимость изменений в данных

Если в триггерной функции выполняются SQL-команды и эти команды обращаются к таблице, на которую создан триггер, то необходимо знать правила видимости данных, потому что они определяют, будут ли видеть эти SQL-команды изменения в данных, для которых сработал триггер. Кратко:

- Триггеры уровня оператора следуют простым правилам видимости: никакие из изменений, произведённых оператором, не видны в триггерах `BEFORE`, тогда как в триггерах `AFTER` видны все изменения.
- Изменение данных (вставка, обновление или удаление), заставляющее сработать триггер, *не видно* для команд SQL, выполняемых в триггере `BEFORE` уровня строки, потому что это изменение ещё не произошло.
- Тем не менее команды SQL, выполняемые в триггере `BEFORE` уровня строки, *будут* видеть изменения данных в строках, которые уже были обработаны в этом операторе. Это требует осторожности, так как порядок обработки строк в целом непредсказуемый; команда SQL, обрабатывающая множество строк, может делать это в любом порядке.
- Аналогично, триггер `INSTEAD OF` уровня строки увидит изменения данных, внесённые при предыдущих вызовах триггера `INSTEAD OF` для этой же внешней команды.
- Когда срабатывает триггер `AFTER` уровня строки, все изменения сделанные оператором уже выполнены и видны в вызываемой триггерной функции.

Если триггерная функция написана на одном из стандартных процедурных языков, вышеприведённые утверждения применимы, только если функция объявлена как `VOLATILE`. Функции объявленные как `STABLE` или `IMMUTABLE` в любом случае не будут видеть изменений, сделанных вызывающим оператором.

Дополнительную информацию о правилах видимости данных можно найти в Разделе 46.5. Пример в Разделе 38.4 содержит демонстрацию этих правил.

38.3. Триггерные функции на языке C

В этом разделе описываются низкоуровневые детали интерфейса для триггерных функций. Эта информация необходима только при разработке триггерных функций на языке C. При использовании языка более высокого уровня эти детали обрабатываются не видны. В большинстве случаев стоит рассмотреть возможность использования процедурного языка, прежде чем начать разрабатывать триггеры на C. В документации по каждому процедурному языку объясняется, как создавать триггеры на этом языке.

Триггерные функции должны использовать интерфейс функций «версии 1».

Когда функция вызывается диспетчером триггеров, ей не передаются обычные аргументы, но передаётся указатель «context», ссылающийся на структуру `TriggerData`. Функции на C могут проверить, вызваны ли они диспетчером триггеров или нет, выполнив макрос:

```
CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo)
```

который разворачивается в:

```
((fcinfo)->context != NULL && IsA((fcinfo)->context, TriggerData))
```

Если возвращается истина, то `fcinfo->context` можно безопасно привести к типу `TriggerData *` и использовать указатель на структуру `TriggerData`. Функция *не* должна изменять структуру `TriggerData` или любые данные, которые на неё указывают.

`struct TriggerData` определяется в `commands/trigger.h`:

```
typedef struct TriggerData
{
    NodeTag          type;
    TriggerEvent     tg_event;
    Relation         tg_relation;
    HeapTuple        tg_trigtuple;
    HeapTuple        tg_newtuple;
    Trigger         *tg_trigger;
    TupleTableSlot  *tg_trigslot;
    TupleTableSlot  *tg_newslot;
    Tuplestorestate *tg_oldtable;
    Tuplestorestate *tg_newtable;
    const Bitmapset *tg_updatedcols;
} TriggerData;
```

где элементы определяются следующим образом:

`type`

Всегда `T_TriggerData`.

`tg_event`

Описывает событие, для которого вызывается функция. Можно использовать следующие макросы для получения информации о `tg_event`:

`TRIGGER_FIRED_BEFORE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал до операции.

`TRIGGER_FIRED_AFTER(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал после операции.

`TRIGGER_FIRED_INSTEAD(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал вместо операции.

`TRIGGER_FIRED_FOR_ROW(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал на уровне строки.

`TRIGGER_FIRED_FOR_STATEMENT(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал на уровне оператора.

`TRIGGER_FIRED_BY_INSERT(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `INSERT`.

`TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `UPDATE`.

`TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `DELETE`.

`TRIGGER_FIRED_BY_TRUNCATE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `TRUNCATE`.

`tg_relation`

Указатель на структуру, описывающую таблицу, для которой сработал триггер. Подробнее об этой структуре в `utils/rel.h`. Самое интересное здесь это `tg_relation->rd_att` (дескриптор записей таблицы) и `tg_relation->rd_rel->relname` (имя таблицы; имеет тип `NameData`, а не `char*`; используйте `SPI_getrelname(tg_relation)`, чтобы получить тип `char*` если потребуется копия имени).

`tg_trigtuple`

Указатель на строку, для которой сработал триггер. Это строка, которая вставляется, обновляется или удаляется. При срабатывании триггера для `INSERT` или `DELETE` это значение нужно вернуть из функции, только если не планируется изменять строку (в случае `INSERT`) или пропускать операцию для этой строки.

`tg_newtuple`

Для триггера на `UPDATE` это указатель на новую версию строки либо `NULL`, если триггер на `INSERT` или `DELETE`. Это значение нужно вернуть из функции в случае `UPDATE`, если не планируется изменять строку или пропускать операцию для этой строки.

`tg_trigger`

Указатель на структуру с типом `Trigger`, определённую в `utils/reltrigger.h`:

```
typedef struct Trigger
{
    Oid         tgoid;
    char       *tgname;
    Oid         tgfoid;
    int16       tgtype;
    char        tgenabled;
    bool        tgisinternal;
    bool        tgisclone;
    Oid         tgconstrrelid;
    Oid         tgconstrindid;
    Oid         tgconstraint;
    bool        tgdeferrable;
    bool        tginitdeferred;
    int16       tgnargs;
    int16       tgnattr;
    int16      *tgattr;
    char      **tgargs;
```

```
    char        *tgqual;
    char        *tgoldtable;
    char        *tgnewtable;
} Trigger;
```

где `tgname` — имя триггера, `tgnargs` — количество аргументов в `tgargs`, и `tgargs` — массив указателей на аргументы, указанные в команде `CREATE TRIGGER`. Остальные члены структуры предназначены для внутреннего использования.

`tg_trigslot`

Слот, содержащий `tg_trigtuple`, или указатель `NULL`, если такой строки нет.

`tg_newslot`

Слот, содержащий `tg_newtuple`, или указатель `NULL`, если такой строки нет.

`tg_oldtable`

Указатель на структуру типа `Tuplestorestate`, содержащую ноль или несколько строк в формате, определяемом содержимым `tg_relation`, или указатель `NULL`, если переходное отношение `OLD TABLE` отсутствует.

`tg_newtable`

Указатель на структуру типа `Tuplestorestate`, содержащую ноль или несколько строк в формате, определяемом содержимым `tg_relation`, или указатель `NULL`, если переходное отношение `NEW TABLE` отсутствует.

`tg_updatedcols`

Для триггеров `UPDATE` — битовая карта, в которой отмечается, какие столбцы изменила команда, вызвавшая срабатывание триггера. Используя её, универсальные триггерные функции могут оптимизировать свои действия, не обращая внимания на столбцы, которые не были изменены.

Определить, вошёл ли в битовую карту столбец с атрибутом под номером `attnum` (считая с 1), можно так: `bms_is_member(attnum - FirstLowInvalidHeapAttributeNumber, trigdata->tg_updatedcols))`.

Для всех остальных триггеров содержит `NULL`.

Чтобы обращаться к переходным таблицам в запросах, выполняемых через SPI, используйте SPI_register_trigger_data.

Триггерная функция должна возвращать указатель `HeapTuple` или указатель `NULL` (но *не* SQL значение `null`, то есть не нужно устанавливать *`isNull`* в истину). Не забудьте, что если не планируете менять обрабатываемую триггером строку, то нужно вернуть либо `tg_trigtuple`, либо `tg_newtuple`.

38.4. Полный пример триггера

Вот очень простой пример триггерной функции, написанной на C. (Примеры триггеров для процедурных языков могут быть найдены в документации на процедурные языки.)

Функция `trigf` сообщает количество строк в таблице `ttest` и пропускает операцию для строки при попытке вставить пустое значение в столбец `x`. (Таким образом, триггер действует как ограничение `NOT NULL`, но не прерывает транзакцию.)

Вначале определение таблицы:

```
CREATE TABLE ttest (
    x integer
```

```
);
```

Теперь исходный код триггерной функции:

```
#include "postgres.h"
#include "fmgr.h"
#include "executor/spi.h"       /* this is what you need to work with SPI */
#include "commands/trigger.h"   /* ... triggers ... */
#include "utils/rel.h"          /* ... and relations */

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(trigf);

Datum
trigf(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    TriggerData *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;
    TupleDesc   tupdesc;
    HeapTuple   rettuple;
    char       *when;
    bool        checknull = false;
    bool        isnull;
    int         ret, i;

    /* make sure it's called as a trigger at all */
    if (!CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
        elog(ERROR, "trigf: not called by trigger manager");

    /* tuple to return to executor */
    if (TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(trigdata->tg_event))
        rettuple = trigdata->tg_newtuple;
    else
        rettuple = trigdata->tg_trigtuple;

    /* check for null values */
    if (!TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(trigdata->tg_event)
        && TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
        checknull = true;

    if (TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
        when = "before";
    else
        when = "after ";

    tupdesc = trigdata->tg_relation->rd_att;

    /* connect to SPI manager */
    if ((ret = SPI_connect()) < 0)
        elog(ERROR, "trigf (fired %s): SPI_connect returned %d", when, ret);

    /* get number of rows in table */
    ret = SPI_exec("SELECT count(*) FROM ttest", 0);

    if (ret < 0)
        elog(ERROR, "trigf (fired %s): SPI_exec returned %d", when, ret);

    /* count(*) returns int8, so be careful to convert */
    i = DatumGetInt64(SPI_getbinval(SPI_tuptable->vals[0],
```

```
                                        SPI_tuptable->tupdesc,
                                        1,
                                        &isnull));

    elog (INFO, "trigf (fired %s): there are %d rows in ttest", when, i);

    SPI_finish();

    if (checknull)
    {
        SPI_getbinval(rettuple, tupdesc, 1, &isnull);
        if (isnull)
            rettuple = NULL;
    }

    return PointerGetDatum(rettuple);
}
```

После компиляции исходного кода (см. Подраздел 37.10.5) объявляем функцию и триггеры:

```
CREATE FUNCTION trigf() RETURNS trigger
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C;

CREATE TRIGGER tbefore BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigf();

CREATE TRIGGER tafter AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigf();
```

Теперь можно проверить работу триггера:

```
=> INSERT INTO ttest VALUES (NULL);
INFO:  trigf (fired before): there are 0 rows in ttest
INSERT 0 0

-- Вставка записи пропущена (значение NULL), поэтому триггер AFTER не сработал

=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
(0 rows)

=> INSERT INTO ttest VALUES (1);
INFO:  trigf (fired before): there are 0 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ): there are 1 rows in ttest
                                       ^^^^^^^^
                             вспомните, что говорилось о видимости
INSERT 167793 1
vac=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
(1 row)

=> INSERT INTO ttest SELECT x * 2 FROM ttest;
INFO:  trigf (fired before): there are 1 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ): there are 2 rows in ttest
```

```
                                         ^^^^^^
                              вспомните, что говорилось о видимости
INSERT 167794 1
=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
 2
(2 rows)

=> UPDATE ttest SET x = NULL WHERE x = 2;
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
UPDATE 0
=> UPDATE ttest SET x = 4 WHERE x = 2;
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ): there are 2 rows in ttest
UPDATE 1
vac=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
 4
(2 rows)

=> DELETE FROM ttest;
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
INFO:  trigf (fired before): there are 1 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ): there are 0 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ): there are 0 rows in ttest
                                         ^^^^^^
                              вспомните, что говорилось о видимости
DELETE 2
=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
(0 rows)
```

Более сложные примеры можно найти в `src/test/regress/regress.c` и в spi.

Глава 39. Триггеры событий

В дополнение к триггерам, рассмотренным в Главе 38, PostgreSQL также предоставляет триггеры событий. В отличие от обычных триггеров, которые подключаются к конкретной таблице и работают только с командами DML, триггеры событий определяются на уровне базы данных и работают с командами DDL.

Как и обычные триггеры, триггеры событий можно создавать на любом процедурном языке, поддерживающим триггеры событий, а также на C, но не на чистом SQL.

39.1. Обзор механизма работы триггеров событий

Триггер события срабатывает всякий раз, когда в базе данных, в которой он определён, происходит связанное с ним событие. В настоящий момент поддерживаются следующие события: `ddl_command_start`, `ddl_command_end`, `table_rewrite` и `sql_drop`. Поддержка дополнительных событий может быть добавлена в будущих выпусках.

Событие `ddl_command_start` происходит непосредственно перед выполнением команд `CREATE`, `ALTER`, `DROP`, `SECURITY LABEL`, `COMMENT`, `GRANT` и `REVOKE`. Проверка на существование объекта перед срабатыванием триггера не производится. В качестве исключения, однако, это событие не происходит для команд DDL, обращающихся к общим объектам кластера базы данных — базам данных, табличным пространствам, ролям, а также к самим триггерам событий. Событие `ddl_command_start` также происходит непосредственно перед выполнением команды `SELECT INTO`, так как она равнозначна команде `CREATE TABLE AS`.

Событие `ddl_command_end` происходит непосредственно после выполнения команд из того же набора. Чтобы получить дополнительную информацию об операциях DDL, повлёкших произошедшее событие, вызовите функцию `pg_event_trigger_ddl_commands()`, возвращающую множество, из кода обработчика события `ddl_command_end` (см. Раздел 9.29). Заметьте, что этот триггер срабатывает после того, как эти действия имели место (но до фиксации транзакции), так что в системных каталогах можно увидеть уже изменённое состояние.

Событие `sql_drop` происходит непосредственно перед событием `ddl_command_end` для команд, которые удаляют объекты базы данных. Для получения списка удалённых объектов используйте возвращающую набор строк функцию `pg_event_trigger_dropped_objects()` в триггере события `sql_drop` (см. Раздел 9.29). Обратите внимание, что триггер выполняется после удаления объектов из таблиц системного каталога, поэтому их невозможно больше увидеть.

Событие `table_rewrite` происходит непосредственно перед тем, как таблица будет перезаписана в результате определённых действий команд `ALTER TABLE` и `ALTER TYPE`. Хотя перезапись таблицы может быть вызвана и другими управляющими операторами, в частности `CLUSTER` и `VACUUM`, событие `table_rewrite` для них не вызывается. Найти OID таблицы, которая была перезаписана, можно с помощью функции `pg_event_trigger_table_rewrite_oid()` (см. Раздел 9.29). Причину (причины) перезаписи можно посмотреть с помощью функции `pg_event_trigger_table_rewrite_reason()`.

Триггеры событий (как и прочие функции) не могут выполняться в прерванной транзакции. Поэтому, если команда DDL завершается ошибкой, соответствующие триггеры `ddl_command_end` не сработают. И наоборот, если триггер `ddl_command_end` завершился с ошибкой, последующие триггеры событий не сработают, так же как и сама команда не будет выполняться. Похожим образом, если триггер `ddl_command_end` завершится ошибкой, действие команды DDL будет отменено, как это происходит при возникновении ошибки внутри транзакции.

Полный список команд, которые поддерживаются триггерами событий, можно найти в Разделе 39.2.

Для создания триггера события используется команда CREATE EVENT TRIGGER. Предварительно нужно создать функцию, со специальным возвращаемым типом `event_trigger`. Данная функция не обязана возвращать значение (и может не возвращать). Возвращаемый тип служит лишь указанием на то, что функция будет вызываться из триггера события.

Если есть несколько триггеров на одно и то же событие, то они будут вызываться в алфавитном порядке по имени триггера.

В определении триггера можно использовать условие `WHEN`, чтобы, например, триггер `ddl_command_start` срабатывал только для отдельных команд, которые нужно перехватить. Триггеры событий часто используются для ограничения диапазона DDL-команд, доступных пользователям.

39.2. Матрица срабатывания триггеров событий

В Таблице 39.1 перечислены команды, для которых поддерживаются триггеры событий.

Таблица 39.1. Поддержка триггеров событий командами DDL

Тег команды	ddl_command_start	ddl_command_end	sql_drop	table_rewrite	**Примечания**
ALTER AGGREGATE	X	X	-	-	
ALTER COLLATION	X	X	-	-	
ALTER CONVERSION	X	X	-	-	
ALTER DOMAIN	X	X	-	-	
ALTER DEFAULT PRIVILEGES	X	X	-	-	
ALTER EXTENSION	X	X	-	-	
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	-	-	
ALTER FOREIGN TABLE	X	X	X	-	
ALTER FUNCTION	X	X	-	-	
ALTER LANGUAGE	X	X	-	-	
ALTER LARGE OBJECT	X	X	-	-	
ALTER MATERIALIZED VIEW	X	X	-	-	
ALTER OPERATOR	X	X	-	-	
ALTER OPERATOR CLASS	X	X	-	-	
ALTER OPERATOR FAMILY	X	X	-	-	
ALTER POLICY	X	X	-	-	
ALTER PROCEDURE	X	X	-	-	
ALTER PUBLICATION	X	X	-	-	
ALTER ROUTINE	X	X	-	-	
ALTER SCHEMA	X	X	-	-	
ALTER SEQUENCE	X	X	-	-	
ALTER SERVER	X	X	-	-	
ALTER STATISTICS	X	X	-	-	
ALTER SUBSCRIPTION	X	X	-	-	
ALTER TABLE	X	X	X	X	
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	-	-	
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	-	-	

Тег команды	ddl_ command_ start	ddl_ command_ end	sql_drop	table_ rewrite	**Примечания**
ALTER TEXT SEARCH PARSER	X	X	-	-	
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	-	-	
ALTER TRIGGER	X	X	-	-	
ALTER TYPE	X	X	-	X	
ALTER USER MAPPING	X	X	-	-	
ALTER VIEW	X	X	-	-	
COMMENT	X	X	-	-	Только для локальных объектов
CREATE ACCESS METHOD	X	X	-	-	
CREATE AGGREGATE	X	X	-	-	
CREATE CAST	X	X	-	-	
CREATE COLLATION	X	X	-	-	
CREATE CONVERSION	X	X	-	-	
CREATE DOMAIN	X	X	-	-	
CREATE EXTENSION	X	X	-	-	
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	-	-	
CREATE FOREIGN TABLE	X	X	-	-	
CREATE FUNCTION	X	X	-	-	
CREATE INDEX	X	X	-	-	
CREATE LANGUAGE	X	X	-	-	
CREATE MATERIALIZED VIEW	X	X	-	-	
CREATE OPERATOR	X	X	-	-	
CREATE OPERATOR CLASS	X	X	-	-	
CREATE OPERATOR FAMILY	X	X	-	-	
CREATE POLICY	X	X	-	-	
CREATE PROCEDURE	X	X	-	-	
CREATE PUBLICATION	X	X	-	-	
CREATE RULE	X	X	-	-	
CREATE SCHEMA	X	X	-	-	
CREATE SEQUENCE	X	X	-	-	
CREATE SERVER	X	X	-	-	
CREATE STATISTICS	X	X	-	-	
CREATE SUBSCRIPTION	X	X	-	-	
CREATE TABLE	X	X	-	-	
CREATE TABLE AS	X	X	-	-	
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	-	-	

Тег команды	ddl_ command_ start	ddl_ command_ end	sql_drop	table_ rewrite	**Примечания**
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	-	-	
CREATE TEXT SEARCH PARSER	X	X	-	-	
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	-	-	
CREATE TRIGGER	X	X	-	-	
CREATE TYPE	X	X	-	-	
CREATE USER MAPPING	X	X	-	-	
CREATE VIEW	X	X	-	-	
DROP ACCESS METHOD	X	X	X	-	
DROP AGGREGATE	X	X	X	-	
DROP CAST	X	X	X	-	
DROP COLLATION	X	X	X	-	
DROP CONVERSION	X	X	X	-	
DROP DOMAIN	X	X	X	-	
DROP EXTENSION	X	X	X	-	
DROP FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	X	-	
DROP FOREIGN TABLE	X	X	X	-	
DROP FUNCTION	X	X	X	-	
DROP INDEX	X	X	X	-	
DROP LANGUAGE	X	X	X	-	
DROP MATERIALIZED VIEW	X	X	X	-	
DROP OPERATOR	X	X	X	-	
DROP OPERATOR CLASS	X	X	X	-	
DROP OPERATOR FAMILY	X	X	X	-	
DROP OWNED	X	X	X	-	
DROP POLICY	X	X	X	-	
DROP PROCEDURE	X	X	X	-	
DROP PUBLICATION	X	X	X	-	
DROP ROUTINE	X	X	X	-	
DROP RULE	X	X	X	-	
DROP SCHEMA	X	X	X	-	
DROP SEQUENCE	X	X	X	-	
DROP SERVER	X	X	X	-	
DROP STATISTICS	X	X	X	-	
DROP SUBSCRIPTION	X	X	X	-	
DROP TABLE	X	X	X	-	

Тег команды	ddl_ command_ start	ddl_ command_ end	sql_drop	table_ rewrite	**Примечания**
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	X	-	
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	X	-	
DROP TEXT SEARCH PARSER	X	X	X	-	
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	X	-	
DROP TRIGGER	X	X	X	-	
DROP TYPE	X	X	X	-	
DROP USER MAPPING	X	X	X	-	
DROP VIEW	X	X	X	-	
GRANT	X	X	-	-	Только для локальных объектов
IMPORT FOREIGN SCHEMA	X	X	-	-	
REFRESH MATERIALIZED VIEW	X	X	-	-	
REVOKE	X	X	-	-	Только для локальных объектов
SECURITY LABEL	X	X	-	-	Только для локальных объектов
SELECT INTO	X	X	-	-	

39.3. Триггерные функции событий на языке C

В этом разделе описываются низкоуровневые детали интерфейса для событийных триггерных функций. Эта информация необходима только при разработке событийных триггерных функций событий на языке C. При использовании языка более высокого уровня эти детали не видны. В большинстве случаев стоит рассмотреть возможность использования процедурного языка, прежде чем начать разрабатывать событийные триггеры на C. В документации по каждому процедурному языку объясняется, как создавать событийные триггеры на этом языке.

Триггерные функции событий должны использовать «version 1» интерфейса диспетчера функций.

Когда функция вызывается диспетчером триггеров событий, ей не передаются обычные аргументы, но передаётся указатель «context», ссылающийся на структуру `EventTriggerData`. Функции на C могут проверить вызваны ли они диспетчером триггеров событий или нет выполнив макрос:

```
CALLED_AS_EVENT_TRIGGER(fcinfo)
```

который разворачивается в:

```
EventTriggerData
```

Если возвращается истина, то `fcinfo->context` можно безопасно привести к типу `EventTriggerData *` и использовать указатель на структуру `EventTriggerData`. Функция *не* должна изменять структуру `EventTriggerData` или любые данные, которые на неё указывают.

`struct EventTriggerData` определена в `commands/event_trigger.h`:

```
typedef struct EventTriggerData
{
    NodeTag     type;
    const char *event;      /* имя события */
    Node       *parsetree;  /* дерево разбора */
    CommandTag  tag;        /* тег команды */
} EventTriggerData;
```

со следующими членами структуры:

`type`

Всегда `T_EventTriggerData`.

`event`

Описывает событие, для которого вызывается функция. Возможные значения: `"ddl_command_start"`, `"ddl_command_end"`, `"sql_drop"`, `"table_rewrite"`. Суть этих событий описывается в Разделе 39.1.

`parsetree`

Указатель на дерево разбора команды. Детали можно посмотреть в исходном коде PostgreSQL. Структура дерева разбора может быть изменена без предупреждений.

`tag`

Тег команды, для которой сработал триггер события. Например `"CREATE FUNCTION"`.

Функция триггера события должна возвращать указатель `NULL` (но *не* SQL значение null, то есть не нужно устанавливать *`isNull`* в истину).

39.4. Полный пример триггера события

Вот очень простой пример функции для триггера события, написанной на C. (Примеры триггеров для процедурных языков могут быть найдены в документации на процедурные языки.)

Функция `noddl` выдаёт ошибку при каждом вызове. Триггер с этой функцией определяется для события `ddl_command_start`. Это предотвращает работу любых DDL-команд (за исключением тех, о которых говорилось в Разделе 39.1).

Теперь исходный код триггерной функции:

```
#include "postgres.h"
#include "commands/event_trigger.h"


PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(noddl);

Datum
noddl(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    EventTriggerData *trigdata;

    if (!CALLED_AS_EVENT_TRIGGER(fcinfo))  /* internal error */
        elog(ERROR, "not fired by event trigger manager");

    trigdata = (EventTriggerData *) fcinfo->context;

    ereport(ERROR,
```

```
            (errcode(ERRCODE_INSUFFICIENT_PRIVILEGE),
             errmsg("command \"%s\" denied",
                    GetCommandTagName(trigdata->tag))));

    PG_RETURN_NULL();
}
```

После компиляции исходного кода (см. Подраздел 37.10.5) объявляем функцию и триггеры:

```
CREATE FUNCTION noddl() RETURNS event_trigger
    AS 'noddl' LANGUAGE C;

CREATE EVENT TRIGGER noddl ON ddl_command_start
    EXECUTE FUNCTION noddl();
```

Теперь проверим работу триггера:

```
=# \dy
                     List of event triggers
 Name  |       Event       | Owner | Enabled | Function | Tags
-------+-------------------+-------+---------+----------+------
 noddl | ddl_command_start | dim   | enabled | noddl    |
(1 row)

=# CREATE TABLE foo(id serial);
ОШИБКА:  command "CREATE TABLE" denied
```

В этой ситуации, для запуска DDL-команд, нужно либо удалить триггер события, либо отключить его. Может быть удобным отключить триггер на время выполнения транзакции:

```
BEGIN;
ALTER EVENT TRIGGER noddl DISABLE;
CREATE TABLE foo (id serial);
ALTER EVENT TRIGGER noddl ENABLE;
COMMIT;
```

(Вспомним, что триггеры событий не обрабатывают DDL-команды для самих триггеров событий.)

39.5. Пример событийного триггера, обрабатывающего перезапись таблицы

Благодаря существованию события `table_rewrite`, можно реализовать политику перезаписи таблиц, допускающую перезапись только в определённое время обслуживания.

Следующий пример демонстрирует реализацию такой политики.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION no_rewrite()
 RETURNS event_trigger
 LANGUAGE plpgsql AS
$$
---
--- Реализация локальной политики перезаписи таблиц:
---   перезапись public.foo не допускается,
---   другие таблицы могут перезаписываться между 1 часом ночи и 6 часами утра,
---   если только их размер не превышает 100 блоков
---
DECLARE
  table_oid oid := pg_event_trigger_table_rewrite_oid();
  current_hour integer := extract('hour' from current_time);
  pages integer;
  max_pages integer := 100;
```

```
BEGIN
  IF pg_event_trigger_table_rewrite_oid() = 'public.foo'::regclass
  THEN
        RAISE EXCEPTION 'you''re not allowed to rewrite the table %',
                        table_oid::regclass;
  END IF;

  SELECT INTO pages relpages FROM pg_class WHERE oid = table_oid;
  IF pages > max_pages
  THEN
        RAISE EXCEPTION 'rewrites only allowed for table with less than % pages',
                        max_pages;
  END IF;

  IF current_hour NOT BETWEEN 1 AND 6
  THEN
        RAISE EXCEPTION 'rewrites only allowed between 1am and 6am';
  END IF;
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER no_rewrite_allowed
                  ON table_rewrite
   EXECUTE FUNCTION no_rewrite();
```

Глава 40. Система правил

В этой главе обсуждается система правил, реализованная в PostgreSQL. Промышленные системы правил по сути довольно простые, но при их использовании приходится сталкиваться с множеством неочевидных вещей.

В некоторых других базах данных определяются активные правила баз данных, которые обычно реализуются в виде процедур и триггеров. Так же их можно реализовать и в PostgreSQL.

Система правил (точнее говоря, система правил перезаписи запросов) полностью отличается от механизма хранимых процедур и триггеров. Она изменяет запросы по заданным правилам, а затем передаёт модифицированный запрос планировщику для планирования и выполнения. Это очень мощное средство, подходящее для решения множества задач, например, для определения представлений и процедур на языке запросов или реализации версионности. Теоретические основы и преимущества этой системы правил также описаны в ston90b и ong90 (на английском языке).

40.1. Дерево запроса

Чтобы понять, как работает система правил, нужно знать, когда она вызывается, что принимает на вход и какой результат выдаёт.

Система правил внедрена между анализатором запросов и планировщиком. Она принимает разобранный запрос, одно дерево запроса, и определённые пользователем правила перезаписи, тоже представленные деревьями с некоторой дополнительной информацией, и создаёт некоторое количество деревьев запросов в результате. Таким образом, на входе и выходе этой системы оказывается то, что может сформировать анализатор запросов, и как следствие, всё, с чем работает эта система, представимо в виде операторов SQL.

Так что же такое дерево запроса? Это внутреннее представление оператора SQL, в котором все образующие его части хранятся отдельно. Эти деревья можно увидеть в журнале сервера, если установить параметры конфигурации `debug_print_parse`, `debug_print_rewritten` или `debug_print_plan`. Действия правил также хранятся в виде деревьев запросов, в системном каталоге `pg_rewrite`. Они не форматируются как при выводе в журнал, но содержат точно такую же информацию.

Для прочтения неформатированного дерева требуется некоторый навык. Но так как представления дерева запросов в виде SQL достаточно, чтобы понять систему правил, в этой главе не будет рассказываться, как их читать.

Читая SQL-представления деревьев запросов в этой главе, необходимо понимать, на какие части разбивается оператор, когда он преобразуется в структуру дерева запроса. Дерево запроса состоит из следующих частей:

тип команды

: Это простое значение, говорящее, какая команда (`SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`) сгенерировала дерево запросов.

список отношений

: Список отношений представляет собой массив отношений, используемых в запросе. В запросе `SELECT` он включает отношения, указанные после ключевого слова `FROM`.

: Каждый элемент списка отношений представляет таблицу или представление и говорит, с каким именем они упоминаются в других частях запроса. В дереве запросов записываются номера элементов списка отношений, а не их имена, поэтому для него неактуальна проблема дублирования имён, как для оператора SQL. Такая проблема может возникнуть при объединении списков отношений, образованных разными правилами. В этой главе данная ситуация рассматриваться не будет.

результирующее отношение

Индекс в списке отношений, указывающий на отношение, которое будет получать результаты запроса.

В запросах `SELECT` результирующее отношение отсутствует. (Особый случай `SELECT INTO` практически равнозначен `CREATE TABLE` с последующим `INSERT ... SELECT` и здесь отдельно не рассматривается.)

Для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` результирующим отношением будет таблица (или представление!), в которой будут происходить изменения.

выходной список

Выходной список — это список выражений, определяющих результат запроса. В случае `SELECT`, это выражения, которые образуют окончательный набор выходных данных. Они соответствуют выражениям, записанным между ключевыми словами `SELECT` и `FROM`. (Указание `*` — это просто краткое обозначение имён всех столбцов отношения. Анализатор разворачивает его в список отдельных столбцов, так что система правил никогда не видит его.)

Командам `DELETE` не нужен обычный выходной список, так как они не выдают никакие результаты. Вместо этого планировщик добавляет в пустой выходной список специальную запись CTID, чтобы исполнитель мог найти удаляемую строку. (CTID добавляется, когда результирующее отношение — обычная таблица. Если это представление, планировщиком добавляется переменная, содержащая всю строку, как рассказывается в Подразделе 40.2.4.)

Для команд `INSERT` выходной список описывает новые строки, которые должны попасть в результирующее отношение. Он включает выражения в предложении `VALUES` или предложении `SELECT` в `INSERT ... SELECT`. На первом этапе процесс перезаписи добавляет элементы выходного списка для столбцов, которым ничего не присвоила исходная команда, но имеющих значения по умолчанию. Все остальные столбцы (без заданного значения и значения по умолчанию) планировщик заполняет константой NULL.

Для команд `UPDATE` выходной список описывает новые строки, которые должны заменить старые. В системе правил он содержит только выражения из части `SET столбец = выражение`. Для пропущенных столбцов планировщик вставляет выражения, копирующие значения из старой строки в новую. Так же, как и с командой `DELETE`, при этом добавляется CTID или переменная со всей строкой, чтобы исполнитель мог найти изменяемую старую строку.

Каждая запись в выходном списке содержит выражение, которое может быть константой, переменной, указывающей на столбец отношения в таблице отношений, параметром или деревом выражений, образованным из констант, переменных, операторов, вызовов функций и т. д.

условие фильтра

Условие фильтра запроса — это выражение, во многом похожее на те, что содержатся в выходном списке. Результат этого выражения — логический, он говорит, должна ли выполняться операция (`INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT`) для данной строки в результате. Оно соответствует предложению `WHERE` SQL-оператора.

дерево соединения

Дерево соединения запроса показывает структуру предложения `FROM`. Для простых запросов вида `SELECT ... FROM a, b, c`, дерево соединения — это просто список элементов `FROM`, так как они могут соединяться в любом порядке. Но с выражениями `JOIN`, особенно с внешними соединениями, приходится соединять отношения именно в заданном порядке. В этом случае дерево соединения отражает структуру выражений `JOIN`. Ограничения, связанные с конкретными предложениями `JOIN` (из выражений `ON` или `USING`), тоже сохраняются в виде условных выражений, добавленных к соответствующим узлам дерева соединения. Как оказалось, выражение `WHERE` верхнего уровня тоже удобно хранить как условие, добавленное к элементу верхнего уровня дерева соединения. Поэтому в дереве соединения на самом деле представляются оба предложения оператора `SELECT` — `FROM` и `WHERE`.

другие

Другие части дерева запроса, например, предложение ORDER BY, в данном контексте не представляют интереса. Система правил выполняет в них некоторые подстановки, применяя правила, но это не имеет непосредственного отношения к основам системы правил.

40.2. Система правил и представления

Представления в PostgreSQL реализованы на основе системы правил. Фактически по сути нет никакого отличия

```
CREATE VIEW myview AS SELECT * FROM mytab;
```

от следующих двух команд:

```
CREATE TABLE myview (same column list as mytab);
CREATE RULE "_RETURN" AS ON SELECT TO myview DO INSTEAD
    SELECT * FROM mytab;
```

так как именно эти действия CREATE VIEW выполняет внутри. Это имеет некоторые побочные эффекты. В частности, информация о представлениях в системных каталогах PostgreSQL ничем не отличается от информации о таблицах. Поэтому при анализе запроса нет абсолютно никакой разницы между таблицами и представлениями. Они представляют собой одно и то же — отношения.

40.2.1. Как работают правила SELECT

Правила ON SELECT применяются ко всем запросам на последнем этапе, даже если это команда INSERT, UPDATE или DELETE. Эти правила отличаются от правил других видов тем, что они модифицируют непосредственно дерево запросов, а не создают новое. Поэтому мы начнём описание с правил SELECT.

В настоящее время возможно только одно действие в правиле ON SELECT и это должно быть безусловное действие SELECT, выполняемое в режиме INSTEAD. Это ограничение было введено, чтобы сделать правила достаточно безопасными для применения обычными пользователями, так что действие правил ON SELECT сводится к реализации представлений.

В примерах этой главы рассматриваются два представления с соединением, которые выполняют некоторые вычисления, и которые, в свою очередь, используются другими представлениями. Первое из этих двух представлений затем модифицируется, к нему добавляются правила для операций INSERT, UPDATE и DELETE, так что в итоге получается представление, которое работает как обычная таблица с некоторыми необычными функциями. Это не самый простой пример для начала, поэтому понять некоторые вещи будет сложнее. Но лучше иметь один пример, поэтапно охватывающий все обсуждаемые здесь темы, чем несколько различных, при восприятии которых в итоге может возникнуть путаница.

Таблицы, которые понадобятся нам для описания системы правил, выглядят так:

```
CREATE TABLE shoe_data (
    shoename   text,          -- первичный ключ
    sh_avail   integer,       -- число имеющихся пар
    slcolor    text,          -- предпочитаемый цвет шнурков
    slminlen   real,          -- минимальная длина шнурков
    slmaxlen   real,          -- максимальная длина шнурков
    slunit     text           -- единица длины
);

CREATE TABLE shoelace_data (
    sl_name    text,          -- первичный ключ
    sl_avail   integer,       -- число имеющихся пар
    sl_color   text,          -- цвет шнурков
    sl_len     real,          -- длина шнурков
```

```
    sl_unit    text           -- единица длины
);

CREATE TABLE unit (
    un_name    text,          -- первичный ключ
    un_fact    real           -- коэффициент для перевода в см
);
```

Как можно догадаться, в них хранятся данные обувной фабрики.

Представления создаются так:

```
CREATE VIEW shoe AS
    SELECT sh.shoename,
           sh.sh_avail,
           sh.slcolor,
           sh.slminlen,
           sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
           sh.slmaxlen,
           sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
           sh.slunit
      FROM shoe_data sh, unit un
     WHERE sh.slunit = un.un_name;

CREATE VIEW shoelace AS
    SELECT s.sl_name,
           s.sl_avail,
           s.sl_color,
           s.sl_len,
           s.sl_unit,
           s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
      FROM shoelace_data s, unit u
     WHERE s.sl_unit = u.un_name;

CREATE VIEW shoe_ready AS
    SELECT rsh.shoename,
           rsh.sh_avail,
           rsl.sl_name,
           rsl.sl_avail,
           least(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
      FROM shoe rsh, shoelace rsl
     WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
       AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
       AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm;
```

Команда `CREATE VIEW` для представления `shoelace` (самого простого из имеющихся) создаёт отношение `shoelace` и запись в `pg_rewrite` о правиле перезаписи, которое должно применяться, когда в запросе на выборку задействуется отношение `shoelace`. Для этого правила не задаются условия применения (о них рассказывается ниже, в описании правил не для `SELECT`, так как правила `SELECT` в настоящее бывают только безусловными) и оно действует в режиме `INSTEAD`. Заметьте, что условия применения отличаются от условий фильтра запроса, например, действие для нашего правила содержит условие фильтра. Действие правила выражается одним деревом запроса, которое является копией оператора `SELECT` в команде, создающей представление.

Примечание

Два дополнительных элемента списка отношений `NEW` и `OLD`, которые можно увидеть в соответствующей строке `pg_rewrite`, не представляют интереса для правил `SELECT`.

Сейчас мы наполним таблицы unit (единицы измерения), shoe_data (данные о туфлях) и shoelace_data (данные о шнурках) и выполним простой запрос к представлению:

```
INSERT INTO unit VALUES ('cm', 1.0);
INSERT INTO unit VALUES ('m', 100.0);
INSERT INTO unit VALUES ('inch', 2.54);

INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh1', 2, 'black', 70.0, 90.0, 'cm');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh2', 0, 'black', 30.0, 40.0, 'inch');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh3', 4, 'brown', 50.0, 65.0, 'cm');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh4', 3, 'brown', 40.0, 50.0, 'inch');

INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl1', 5, 'black', 80.0, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl2', 6, 'black', 100.0, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl3', 0, 'black', 35.0, 'inch');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl4', 8, 'black', 40.0, 'inch');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl5', 4, 'brown', 1.0, 'm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl6', 0, 'brown', 0.9, 'm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl7', 7, 'brown', 60, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl8', 1, 'brown', 40, 'inch');

SELECT * FROM shoelace;

 sl_name   | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
-----------+----------+----------+--------+---------+-----------
 sl1       |        5 | black    |     80 | cm      |        80
 sl2       |        6 | black    |    100 | cm      |       100
 sl7       |        7 | brown    |     60 | cm      |        60
 sl3       |        0 | black    |     35 | inch    |      88.9
 sl4       |        8 | black    |     40 | inch    |     101.6
 sl8       |        1 | brown    |     40 | inch    |     101.6
 sl5       |        4 | brown    |      1 | m       |       100
 sl6       |        0 | brown    |    0.9 | m       |        90
(8 rows)
```

Это самый простой запрос SELECT, который можно выполнить с нашими представлениями, и мы воспользуемся этим, чтобы объяснить азы правил представлений. Запрос SELECT * FROM shoelace интерпретируется анализатором запросов и преобразуется в дерево запроса:

```
SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
       shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
       shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
  FROM shoelace shoelace;
```

Это дерево передаётся в систему правил, которая проходит по списку отношений и проверяет, есть ли какие-либо правила для этих отношений. Обрабатывая элемент отношения shoelace (сейчас он единственный), система правил находит правило _RETURN с деревом запроса:

```
SELECT s.sl_name, s.sl_avail,
       s.sl_color, s.sl_len, s.sl_unit,
       s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
  FROM shoelace old, shoelace new,
       shoelace_data s, unit u
 WHERE s.sl_unit = u.un_name;
```

Чтобы развернуть представление, механизм перезаписи просто формирует новый элемент для списка отношений — подзапрос, содержащий дерево действия правила, и подставляет этот элемент вместо исходного, на который ссылалось представление. Получившееся перезаписанное дерево запроса будет почти таким как дерево запроса:

```
SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
```

```
       shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
       shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
  FROM (SELECT s.sl_name,
               s.sl_avail,
               s.sl_color,
               s.sl_len,
               s.sl_unit,
               s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
          FROM shoelace_data s, unit u
         WHERE s.sl_unit = u.un_name) shoelace;
```

Однако есть одно различие: в списке отношений подзапроса будут содержаться два дополнительных элемента: `shoelace old` и `shoelace new`. Эти элементы не принимают непосредственного участия в запросе, так как они не задействованы в дереве соединения подзапроса и в целевом списке. Механизм перезаписи использует их для хранения информации о проверке прав доступа, которая изначально хранилась в элементе, указывающем на представление. Таким образом, исполнитель будет по-прежнему проверять, имеет ли пользователь необходимые права для доступа к представлению, хотя в перезаписанном запросе это представление не фигурирует непосредственно.

Так было применено первое правило. Система правил продолжит проверку оставшихся элементов списка отношений на верхнем уровне запроса (в данном случае таких элементов нет) и рекурсивно проверит элементы списка отношений в добавленном подзапросе, не ссылаются ли они на представления. (Но `old` и `new` разворачиваться не будут — иначе мы получили бы бесконечную рекурсию!) В этом примере для `shoelace_data` и `unit` нет правил перезаписи, так что перезапись завершается и результат, полученный выше, передаётся планировщику.

Сейчас мы хотим написать запрос, который выбирает туфли из имеющихся в данный момент, для которых есть подходящие шнурки (по цвету и длине) и число готовых пар больше или равно двум.

```
SELECT * FROM shoe_ready WHERE total_avail >= 2;

 shoename | sh_avail | sl_name | sl_avail | total_avail
----------+----------+---------+----------+-------------
 sh1      |        2 | sl1     |        5 |           2
 sh3      |        4 | sl7     |        7 |           4
(2 rows)
```

На этот раз анализатор запроса выводит такое дерево:

```
SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
  FROM shoe_ready shoe_ready
 WHERE shoe_ready.total_avail >= 2;
```

Первое правило применяется к представлению `shoe_ready` и в результате получается дерево запроса:

```
SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
  FROM (SELECT rsh.shoename,
               rsh.sh_avail,
               rsl.sl_name,
               rsl.sl_avail,
               least(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
          FROM shoe rsh, shoelace rsl
         WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
           AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
           AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
 WHERE shoe_ready.total_avail >= 2;
```

Подобным образом, правила для shoe и shoelace подставляются в список отношений, что даёт окончательное дерево запроса:

```
SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
  FROM (SELECT rsh.shoename,
               rsh.sh_avail,
               rsl.sl_name,
               rsl.sl_avail,
               least(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
          FROM (SELECT sh.shoename,
                       sh.sh_avail,
                       sh.slcolor,
                       sh.slminlen,
                       sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
                       sh.slmaxlen,
                       sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
                       sh.slunit
                  FROM shoe_data sh, unit un
                 WHERE sh.slunit = un.un_name) rsh,
               (SELECT s.sl_name,
                       s.sl_avail,
                       s.sl_color,
                       s.sl_len,
                       s.sl_unit,
                       s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
                  FROM shoelace_data s, unit u
                 WHERE s.sl_unit = u.un_name) rsl
         WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
           AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
           AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
 WHERE shoe_ready.total_avail > 2;
```

Это может показаться неэффективным, но планировщик преобразует этот запрос в одноуровневое дерево, «подтягивая» подзапросы в главный запрос, а затем планирует соединения так же, как и при явной записи с соединениями. Таким образом, упрощение дерева запросов является оптимизацией, которая производится независимо от перезаписи запросов.

40.2.2. Правила представлений не для SELECT

До этого в описании правил представлений не затрагивались два компонента дерева запросов — тип команды и результирующее отношение. На самом деле, тип команды не важен для правил представления, но результирующее отношение может повлиять на работу механизма перезаписи, потому что если это представление, требуются дополнительные операции.

Есть только несколько отличий между деревом запроса для SELECT и деревом для другой команды. Очевидно, у них различные типы команд, и для команды, отличной от SELECT, результирующее отношение указывает на элемент в списке отношений, куда должен попасть результат. Все остальные компоненты в точности те же. Поэтому, например, если взять таблицы t1 и t2 со столбцами a и b, деревья запросов для этих операторов:

```
SELECT t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;

UPDATE t1 SET b = t2.b FROM t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

будут практически одинаковыми. В частности:

- Списки отношений содержат элементы для таблиц t1 и t2.
- Выходные списки содержат одну переменную, указывающую на столбец b элемента-отношения для таблицы t2.

- Выражения условий сравнивают столбцы `a` обоих элементов-отношений на равенство.
- Деревья соединений показывают простое соединение между `t1` и `t2`.

Как следствие, для обоих деревьев строятся похожие планы выполнения, с соединением двух таблиц. Для `UPDATE` планировщик добавляет в выходной список недостающие столбцы из `t1` и окончательное дерево становится таким:

```
UPDATE t1 SET a = t1.a, b = t2.b FROM t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

В результате исполнитель, обрабатывающий соединение, выдаёт тот же результат, что и запрос:

```
SELECT t1.a, t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

Но с `UPDATE` есть маленькая проблема: часть плана исполнителя, в которой выполняется соединение, не представляет, для чего предназначены результаты соединения. Она просто выдаёт результирующий набор строк. Фактически есть одна команда `SELECT`, а другая, `UPDATE`, обрабатывается исполнителем выше, где он уже знает, что это команда `UPDATE` и что результат должен попасть в таблицу `t1`. Но какие из строк таблицы должны заменяться новыми?

Для решения этой проблемы в выходной список операторов `UPDATE` (и `DELETE`) добавляется ещё один элемент: идентификатор текущего кортежа (Current Tuple ID, CTID). Это системный столбец, содержащий номер блока в файле и позицию строки в блоке. Зная таблицу, по CTID можно получить исходную строку в `t1`, подлежащую изменению. С добавленным в выходной список CTID запрос фактически выглядит так:

```
SELECT t1.a, t2.b, t1.ctid FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

Теперь мы перейдём ещё к одной особенности PostgreSQL. Старые строки таблицы не переписываются, поэтому `ROLLBACK` выполняется быстро. С командой `UPDATE` в таблицу вставляется новая строка результата (без CTID) и в заголовке старой строки, на которую указывает CTID, в поля `cmax` и `xmax` записываются текущий счётчик команд и идентификатор текущей транзакции. Таким образом, старая строка оказывается скрытой и после фиксирования транзакции процесс очистки может окончательно удалить неактуальную версию строки.

Зная всё это, мы можем применять правила представлений абсолютно таким же образом к любой команде — никаких различий нет.

40.2.3. Преимущества представлений в PostgreSQL

Выше было показано, как система правил внедряет определения представлений в исходное дерево запроса. Во втором примере простой запрос `SELECT` к одному представлению создал окончательное дерево запроса, соединяющее 4 таблицы (таблица `unit` использовалась дважды с разными именами).

Преимущество реализации представлений через систему правил заключается в том, что планировщик получает в одном дереве запроса всю информацию о таблицах, которые нужно прочитать, о том, как связаны эти таблицы, об условиях в представлениях, а также об условиях, заданных в исходном запросе. И всё это имеет место, когда сам исходный запрос представляет собой соединение представлений. Планировщик должен выбрать лучший способ выполнения запроса, и чем больше информации он получит, тем лучше может быть его выбор. И то, как в PostgreSQL реализована система правил, гарантирует, что ему поступает вся информация, собранная о запросе на данный момент.

40.2.4. Изменение представления

Но что произойдёт, если записать имя представления в качестве целевого отношения команды `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`? Если проделать подстановки, описанные выше, будет получено дерево запроса, в котором результирующее отношение указывает на элемент-подзапрос, что не будет работать. Однако PostgreSQL даёт ряд возможностей, чтобы сделать представления изменяемыми.

Если подзапрос выбирает данные из одного базового отношения и он достаточно прост, механизм перезаписи может автоматически заменить его нижележащим базовым отношением, чтобы команды INSERT, UPDATE или DELETE обращались к базовому отношению. Представления, «достаточно простые» для этого, называются *автоматически изменяемыми*. Подробнее виды представлений, которые могут изменяться автоматически, описаны в CREATE VIEW.

Эту задачу также можно решить, создав триггер INSTEAD OF для представления. В этом случае перезапись будет работать немного по-другому. Для INSERT механизм перезаписи не делает с представлением ничего, оставляя его результирующим отношением запроса. Для UPDATE и DELETE ему по-прежнему придётся разворачивать запрос представления, чтобы получить «старые» строки, которые эта команда попытается изменить или удалить. Поэтому представление разворачивается как обычно, но в запрос добавляется ещё один элемент списка отношений, указывающий на представление в роли результирующего отношения.

При этом возникает проблема идентификации строк в представлении, подлежащих изменению. Вспомните, что когда результирующее отношение является таблицей, в выходной список добавляется специальное поле CTID, указывающее на физическое расположение изменяемых строк. Но это не будет работать, когда результирующее отношение — представление, так как в представлениях нет CTID, потому что их строки физически нигде не находятся. Вместо этого, для операций UPDATE или DELETE в выходной список добавляется специальный элемент wholerow (вся строка), который разворачивается в содержимое всех столбцов представления. Используя этот элемент, исполнитель передаёт строку «old» в триггер INSTEAD OF. Какие именно строки должны изменяться фактически, будет решать сам триггер, исходя из полученных значений старых и новых строк.

Кроме того, пользователь может определить правила INSTEAD, в которых задать действия замены для команд INSERT, UPDATE и DELETE с представлением. Эти правила обычно преобразуют команду в другую команду, изменяющую одну или несколько таблиц, а не представление. Эта тема освещается в Разделе 40.4.

Заметьте, что такие правила вычисляются сначала, перезаписывая исходный запрос до того, как он будет планироваться и выполняться. Поэтому, если для представления определены и триггеры INSTEAD OF, и правила для INSERT, UPDATE или DELETE, сначала вычисляются правила, а в зависимости от их действия, триггеры могут не вызываться вовсе.

Автоматическая перезапись запросов INSERT, UPDATE или DELETE с простыми представлениями всегда производится в последнюю очередь. Таким образом, если у представления есть правила или триггеры, они переопределяют поведение автоматически изменяемых представлений.

Если для представления не определены правила INSTEAD или триггеры INSTEAD OF, и запрос не удаётся автоматически переписать в виде обращения к нижележащему базовому отношению, возникает ошибка, потому что исполнитель не сможет изменить такое представление.

40.3. Материализованные представления

Материализованные представления в PostgreSQL основаны на системе правил, как и представления, но их содержимое сохраняется как таблица. Основное отличие между:

```
CREATE MATERIALIZED VIEW mymatview AS SELECT * FROM mytab;
```

и этой командой:

```
CREATE TABLE mymatview AS SELECT * FROM mytab;
```

состоит в том, что материализованное представление впоследствии нельзя будет изменить непосредственно, а запрос, создающий материализованное представление, сохраняется точно так же, как запрос представления, и получить актуальные данные в материализованном представлении можно так:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW mymatview;
```

Информация о материализованном представлении в системных каталогах PostgreSQL ничем не отличается от информации о таблице или представлении. Поэтому для анализатора запроса материализованное представление является просто отношением, как таблица или представление. Когда запрос обращается к материализованному представлению, данные возвращаются непосредственно из него, как из таблицы; правило применяется, только чтобы его наполнить.

Хотя обращение к данным в материализованном представлении часто выполняется гораздо быстрее, чем обращение к нижележащим таблицам напрямую или через представление, данные в нём не всегда актуальные (но иногда это вполне приемлемо). Рассмотрим таблицу с данными продаж:

```
CREATE TABLE invoice (
    invoice_no    integer        PRIMARY KEY,
    seller_no     integer,       -- идентификатор продавца
    invoice_date  date,          -- дата продажи
    invoice_amt   numeric(13,2)  -- сумма продажи
);
```

Если пользователям нужно быстро обработать исторические данные, возможно их интересуют только общие показатели, а полнота данных на текущий момент не важна:

```
CREATE MATERIALIZED VIEW sales_summary AS
  SELECT
      seller_no,
      invoice_date,
      sum(invoice_amt)::numeric(13,2) as sales_amt
    FROM invoice
    WHERE invoice_date < CURRENT_DATE
    GROUP BY
      seller_no,
      invoice_date;

CREATE UNIQUE INDEX sales_summary_seller
  ON sales_summary (seller_no, invoice_date);
```

Это материализованное представление может быть полезно для построения графика в информационной панели менеджеров по продажам. Для ежесуточного обновления статистики можно запланировать задание по расписанию, которое будет выполнять этот оператор:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW sales_summary;
```

Ещё одно применение материализованного представления — предоставить быстрый доступ к данным, получаемым с удалённой системы через обёртку сторонних данных. Ниже приведён простой пример с обёрткой `file_fdw`, с замерами времени, но так как при этом использовался кеш локальной системы, выигрыш в производительности при обращении к удалённой системе обычно будет гораздо больше, чем показано здесь. Заметьте, что мы также использовали возможность добавить индекс в материализованное представление, тогда как `file_fdw` индексы не поддерживает; при других видах доступа к сторонним данным такого преимущества может не быть.

Подготовка:

```
CREATE EXTENSION file_fdw;
CREATE SERVER local_file FOREIGN DATA WRAPPER file_fdw;
CREATE FOREIGN TABLE words (word text NOT NULL)
  SERVER local_file
  OPTIONS (filename '/usr/share/dict/words');
CREATE MATERIALIZED VIEW wrd AS SELECT * FROM words;
CREATE UNIQUE INDEX wrd_word ON wrd (word);
CREATE EXTENSION pg_trgm;
CREATE INDEX wrd_trgm ON wrd USING gist (word gist_trgm_ops);
VACUUM ANALYZE wrd;
```

Теперь давайте проверим написание слова. Сначала непосредственно через обёртку `file_fdw`:

```
SELECT count(*) FROM words WHERE word = 'caterpiler';
```

```
 count
-------
     0
(1 row)
```

Выполнив `EXPLAIN ANALYZE`, мы получаем:

```
 Aggregate  (cost=21763.99..21764.00 rows=1 width=0) (actual time=188.180..188.181
 rows=1 loops=1)
   ->  Foreign Scan on words  (cost=0.00..21761.41 rows=1032 width=0) (actual
 time=188.177..188.177 rows=0 loops=1)
         Filter: (word = 'caterpiler'::text)
         Rows Removed by Filter: 479829
         Foreign File: /usr/share/dict/words
         Foreign File Size: 4953699
 Planning time: 0.118 ms
 Execution time: 188.273 ms
```

Если же теперь обратиться к материализованному представлению, запрос выполнится гораздо быстрее:

```
 Aggregate  (cost=4.44..4.45 rows=1 width=0) (actual time=0.042..0.042 rows=1 loops=1)
   ->  Index Only Scan using wrd_word on wrd  (cost=0.42..4.44 rows=1 width=0) (actual
 time=0.039..0.039 rows=0 loops=1)
         Index Cond: (word = 'caterpiler'::text)
         Heap Fetches: 0
 Planning time: 0.164 ms
 Execution time: 0.117 ms
```

В любом случае слово записано неправильно, поэтому давайте попробуем найти то, что имелось в виду. Сначала опять через `file_fdw` и `pg_trgm`:

```
SELECT word FROM words ORDER BY word <-> 'caterpiler' LIMIT 10;

     word
---------------
 cater
 caterpillar
 Caterpillar
 caterpillars
 caterpillar's
 Caterpillar's
 caterer
 caterer's
 caters
 catered
(10 rows)
```

```
 Limit  (cost=11583.61..11583.64 rows=10 width=32) (actual time=1431.591..1431.594
 rows=10 loops=1)
   ->  Sort  (cost=11583.61..11804.76 rows=88459 width=32) (actual
 time=1431.589..1431.591 rows=10 loops=1)
         Sort Key: ((word <-> 'caterpiler'::text))
         Sort Method: top-N heapsort  Memory: 25kB
         ->  Foreign Scan on words  (cost=0.00..9672.05 rows=88459 width=32) (actual
 time=0.057..1286.455 rows=479829 loops=1)
               Foreign File: /usr/share/dict/words
               Foreign File Size: 4953699
 Planning time: 0.128 ms
 Execution time: 1431.679 ms
```

Затем через материализованное представление:

```
Limit  (cost=0.29..1.06 rows=10 width=10) (actual time=187.222..188.257 rows=10
loops=1)
  ->  Index Scan using wrd_trgm on wrd  (cost=0.29..37020.87 rows=479829 width=10)
 (actual time=187.219..188.252 rows=10 loops=1)
        Order By: (word <-> 'caterpiler'::text)
Planning time: 0.196 ms
Execution time: 198.640 ms
```

Если периодическое обновление данных из другого источника в локальной базе данных вас устраивает, этот подход может дать значительный выигрыш в скорости.

40.4. Правила для INSERT, UPDATE и DELETE

Правила, определяемые для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`, значительно отличаются от правил представлений, описанных в предыдущем разделе. Во-первых, команда `CREATE RULE` позволяет создавать правила со следующими особенностями:

- Они могут не определять действия.
- Они могут определять несколько действий.
- Они могут действовать в режиме `INSTEAD` или `ALSO` (по умолчанию).
- Становятся полезными псевдоотношения `NEW` и `OLD`.
- Они могут иметь условия применения.

Во-вторых, они не модифицируют само исходное дерево запроса. Вместо этого они создают несколько новых деревьев запросов и могут заменить исходное.

> **Внимание**
>
> Во многих случаях для задач, выполнимых с использованием правил для `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`, лучше применять триггеры. Оформляются триггеры чуть сложнее, но понять их смысл гораздо проще. К тому же с правилами могут быть получены неожиданные результаты, когда исходный запрос содержит изменчивые функции: в процессе исполнения правил эти функции могут вызываться большее число раз, чем ожидается.
>
> Кроме того, в некоторых случаях эти типы правил вообще нельзя применять; а именно, с предложениями `WITH` в исходном запросе и с вложенными подзапросами `SELECT` с множественным присваиванием в списке `SET` запросов `UPDATE`. Это объясняется тем, что копирование этих конструкций в запрос правила привело бы к многократному вычислению вложенного запроса, что пошло бы в разрез с выраженными намерениями автора запроса.

40.4.1. Как работают правила для изменения

Запомните синтаксис:

```
CREATE [ OR REPLACE ] RULE имя AS ON событие
    TO таблица [ WHERE условие ]
    DO [ ALSO | INSTEAD ] { NOTHING | команда | ( команда ; команда ... ) }
```

В дальнейшем, под *правилами для изменения* подразумеваются правила, определяемые для команд `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`.

Правила для изменения применяются системой правил, когда результирующее отношение и тип команды в дереве запроса совпадает с объектом и событием, заданным в команде `CREATE RULE`. Для такого правила система правил создаёт список деревьев запросов. Изначально этот список пуст. С правилом может быть связано ноль (ключевое слово `NOTHING`), одно или несколько действий. Простоты ради мы рассмотрим правило с одним действием. Правило может иметь, а может не иметь условия применения, и действует в режиме `INSTEAD` или `ALSO` (по умолчанию).

Что такое условие применения правила? Это условие, которое говорит, когда нужно, а когда не нужно применять действия правила. В этом условии можно обращаться к псевдоотношениям `NEW` и/или `OLD`, которые представляют целевое отношение (но с особым значением).

Всего есть три варианта формирования деревьев запросов для правила с одним действием.

Без условия применения в режиме `ALSO` или `INSTEAD`

: дерево запроса из действия правила с добавленным условием исходного дерева

С условием применения в режиме `ALSO`

: дерево запроса из действия правила с условием применения правила и условием, добавленным из исходного дерева

С условием применения в режиме `INSTEAD`

: дерево запроса из действия правила с условием применения правила и условием из исходного дерева; также добавляется исходное дерево запроса с условием, обратным условию применения правила

Наконец, для правил `ALSO` в список добавляется исходное дерево запроса без изменений. Так как исходное дерево запроса также добавляют только правила `INSTEAD` с условиями применения, в итоге для правила с одним действием мы можем получить только одно или два дерева запросов.

Для правил `ON INSERT` исходный запрос (если он не перекрывается режимом `INSTEAD`) выполняется перед действиями, добавленными правилами. Поэтому эти действия могут видеть вставленные строки. Но для правил `ON UPDATE` и `ON DELETE` исходный запрос выполняется после действий, добавленных правилами. При таком порядке эти действия будут видеть строки, подлежащие изменению или удалению; иначе бы действия не работали, не найдя строк, соответствующих их условиям применения (эти строки уже будут изменены или удалены).

Деревья запросов, полученные из действий правил, снова попадают в систему перезаписи, где могут примениться дополнительные правила, добавляющие или убирающие деревья запроса. Поэтому действия правила должны выполнять команды другого типа или работать с другим результирующим отношением, иначе возникнет бесконечная рекурсия. (Система выявляет подобное рекурсивное разворачивание правил и выдаёт ошибку.)

Деревья запросов, заданные для действий в системном каталоге `pg_rewrite`, представляют собой только шаблоны. Так как они могут обращаться к элементам `NEW` и `OLD` в списке отношений, их можно будет использовать только после некоторых подстановок. В случае ссылки на `NEW` соответствующий элемент ищется в целевом списке исходного запроса. Если он найден, ссылка заменяется выражением этого элемента. В противном случае `NEW` означает то же самое, что и `OLD` (для команды `UPDATE`) или заменяется значением NULL (для команды `INSERT`). Любые ссылки на `OLD` заменяются ссылкой на элемент результирующего отношения в списке отношений.

После того как система применит все правила для изменения, она применяет правила представления к полученному дереву (или деревьям) запроса. Представления не могут добавлять новые действия для изменения, поэтому нет необходимости применять такие правила к результату перезаписи представления.

40.4.1.1. Пошаговый разбор первого правила

Предположим, что нам нужно отслеживать изменения в столбце `sl_avail` таблицы `shoelace_data`. Мы можем создать таблицу для ведения журнала и правило, которое будет добавлять в неё записи по условию, когда для `shoelace_data` выполняется `UPDATE`.

```
CREATE TABLE shoelace_log (
    sl_name    text,          -- шнурки, количество которых изменилось
    sl_avail   integer,       -- новое количество
    log_who    text,          -- кто изменил
```

```
    log_when   timestamp      -- когда
);

CREATE RULE log_shoelace AS ON UPDATE TO shoelace_data
    WHERE NEW.sl_avail <> OLD.sl_avail
    DO INSERT INTO shoelace_log VALUES (
                                    NEW.sl_name,
                                    NEW.sl_avail,
                                    current_user,
                                    current_timestamp
                                );
```

Теперь, если кто-то выполнит:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6 WHERE sl_name = 'sl7';
```

мы увидим в таблице журнала:

```
SELECT * FROM shoelace_log;

 sl_name | sl_avail | log_who | log_when
---------+----------+---------+----------------------------------
 sl7     |        6 | Al      | Tue Oct 20 16:14:45 1998 MET DST
(1 row)
```

Именно это нам и нужно. При этом внутри происходит следующее. Анализатор запроса создаёт дерево:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
  FROM shoelace_data shoelace_data
 WHERE shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

В системном каталоге находится правило `log_shoelace`, настроенное на изменение (`ON UPDATE`) с условием применения:

```
NEW.sl_avail <> OLD.sl_avail
```

и действием:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       new.sl_name, new.sl_avail,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old;
```

(Это выглядит несколько странно, так как обычно нельзя написать `INSERT ... VALUES ... FROM`. Предложение `FROM` здесь добавлено, просто чтобы показать, что в дереве запроса для ссылок `new` и `old` есть элементы в списке отношений. Они необходимы для того, чтобы к ним могли обращаться переменные в дереве запроса команды `INSERT`.)

Так как это правило `ALSO` с условием применения, система правил должна выдать два дерева запросов: изменённое действие правила и исходное дерево запроса. На первом шаге список отношений исходного запроса вставляется в дерево действия правила и получается:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       new.sl_name, new.sl_avail,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
       shoelace_data shoelace_data;
```

На втором шаге в это дерево добавляется условие применения правила, так что результирующий набор ограничивается строками, в которых меняется `sl_avail`:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       new.sl_name, new.sl_avail,
```

```
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
       shoelace_data shoelace_data
 WHERE new.sl_avail <> old.sl_avail;
```

(Это выглядит ещё более странно, ведь в `INSERT ... VALUES` не записывается и предложение `WHERE`, но планировщик и исполнитель не испытывают затруднений с этим. Они всё равно должны поддерживать эту функциональность для `INSERT ... SELECT`.)

На третьем шаге добавляется условие исходного дерева, что ещё больше ограничивает результирующий набор, оставляя в нём только строки, которые затронул бы исходный запрос:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       new.sl_name, new.sl_avail,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
       shoelace_data shoelace_data
 WHERE new.sl_avail <> old.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

На четвёртом шаге ссылки на `NEW` заменяются элементами выходного списка из исходного дерева запроса или переменными из результирующего отношения:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       shoelace_data.sl_name, 6,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
       shoelace_data shoelace_data
 WHERE 6 <> old.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

На последнем, пятом шаге ссылки на `OLD` заменяются ссылками на результирующее отношение:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       shoelace_data.sl_name, 6,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
       shoelace_data shoelace_data
 WHERE 6 <> shoelace_data.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

Вот и всё. Так как правило действует в режиме `ALSO`, мы также выводим исходное дерево запроса. Таким образом, система правил выдаёт список с двумя деревьями запросов, соответствующими этим операторам:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       shoelace_data.sl_name, 6,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data
 WHERE 6 <> shoelace_data.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';

UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
 WHERE sl_name = 'sl7';
```

Они выполняются в показанном порядке и именно это должно делать данное правило.

Благодаря заменам и добавленным условиям в журнал не добавится запись, например, при таком исходном запросе:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_color = 'green'
 WHERE sl_name = 'sl7';
```

В этом случае исходное дерево запроса не содержит элемент выходного списка для `sl_avail`, так что `NEW.sl_avail` будет заменено переменной `shoelace_data.sl_avail`. Таким образом, дополнительная команда, созданная правилом, будет такой:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
       shoelace_data.sl_name, shoelace_data.sl_avail,
       current_user, current_timestamp )
  FROM shoelace_data
 WHERE shoelace_data.sl_avail <> shoelace_data.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

Это условие применения не будет выполняться никогда.

Это также будет работать, если исходный запрос изменяет несколько строк. Так, если кто-то выполнит команду:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 0
 WHERE sl_color = 'black';
```

фактически будут изменены четыре строки (`sl1`, `sl2`, `sl3` и `sl4`). Но для `sl3` значение `sl_avail = 0`. В этом случае условие исходного дерева другое, так что это правило выдаёт такое дополнительное дерево запроса:

```
INSERT INTO shoelace_log
SELECT shoelace_data.sl_name, 0,
       current_user, current_timestamp
  FROM shoelace_data
 WHERE 0 <> shoelace_data.sl_avail
   AND shoelace_data.sl_color = 'black';
```

. С таким деревом запроса в журнал определённо будут добавлены три записи. И это абсолютно правильно.

Здесь мы видим, почему важно, чтобы исходное дерево запроса выполнялось в конце. Если бы оператор `UPDATE` выполнился сначала, все строки уже получили бы нулевые значения, так что записывающий в журнал `INSERT` не нашёл бы строк, в которых `0 <> shoelace_data.sl_avail`.

40.4.2. Сочетание с представлениями

Есть один простой вариант защититься от ранее упомянутой возможности выполнять `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` для представлений, когда это нежелательно — создать правила, просто отбрасывающие деревья этих запросов. В нашем случае они будут выглядеть так:

```
CREATE RULE shoe_ins_protect AS ON INSERT TO shoe
    DO INSTEAD NOTHING;
CREATE RULE shoe_upd_protect AS ON UPDATE TO shoe
    DO INSTEAD NOTHING;
CREATE RULE shoe_del_protect AS ON DELETE TO shoe
    DO INSTEAD NOTHING;
```

Если теперь кто-то попытается выполнить одну из этих операций с представлением `shoe`, система правил применит эти правила. Так как это правила без действий в режиме `INSTEAD`, результирующий список деревьев запроса будет пуст и весь запрос аннулируется, так что после работы системы правил будет нечего оптимизировать и выполнять.

Более сложный вариант — использовать систему правил для создания правил, преобразующих дерево запроса в выполняющее нужную операцию с реальными таблицами. Чтобы реализовать это с представлением `shoelace`, мы создадим следующие правила:

```
CREATE RULE shoelace_ins AS ON INSERT TO shoelace
    DO INSTEAD
    INSERT INTO shoelace_data VALUES (
           NEW.sl_name,
```

```
            NEW.sl_avail,
            NEW.sl_color,
            NEW.sl_len,
            NEW.sl_unit
    );

CREATE RULE shoelace_upd AS ON UPDATE TO shoelace
    DO INSTEAD
    UPDATE shoelace_data
       SET sl_name = NEW.sl_name,
           sl_avail = NEW.sl_avail,
           sl_color = NEW.sl_color,
           sl_len = NEW.sl_len,
           sl_unit = NEW.sl_unit
     WHERE sl_name = OLD.sl_name;

CREATE RULE shoelace_del AS ON DELETE TO shoelace
    DO INSTEAD
    DELETE FROM shoelace_data
     WHERE sl_name = OLD.sl_name;
```

Если вы хотите поддерживать также запросы к представлению с `RETURNING`, вам надо создать правила с предложениями `RETURNING`, которые будут вычислять строки представления. Это обычно довольно тривиально для представлений с одной нижележащей таблицей, но несколько затруднительно для представлений с соединением, таких как `shoelace`. Например, для `INSERT` это будет выглядеть так:

```
CREATE RULE shoelace_ins AS ON INSERT TO shoelace
    DO INSTEAD
    INSERT INTO shoelace_data VALUES (
            NEW.sl_name,
            NEW.sl_avail,
            NEW.sl_color,
            NEW.sl_len,
            NEW.sl_unit
    )
    RETURNING
            shoelace_data.*,
            (SELECT shoelace_data.sl_len * u.un_fact
             FROM unit u WHERE shoelace_data.sl_unit = u.un_name);
```

Заметьте, что это одно правило поддерживает запросы и `INSERT`, и `INSERT RETURNING` к этому представлению — предложение `RETURNING` просто игнорируется при обычном `INSERT`.

Теперь предположим, что на фабрику прибывает партия шнурков с объёмной сопроводительной накладной. Но вы не хотите вручную вносить по одной записи в представление `shoelace`. Вместо этого можно создать две маленькие таблицы: в первую вы будете вставлять записи из накладной, а вторая пригодится для специального приёма. Для этого мы выполним следующие команды:

```
CREATE TABLE shoelace_arrive (
    arr_name    text,
    arr_quant   integer
);

CREATE TABLE shoelace_ok (
    ok_name     text,
    ok_quant    integer
);

CREATE RULE shoelace_ok_ins AS ON INSERT TO shoelace_ok
```

```
    DO INSTEAD
    UPDATE shoelace
       SET sl_avail = sl_avail + NEW.ok_quant
     WHERE sl_name = NEW.ok_name;
```

Теперь вы можете наполнить таблицу shoelace_arrive данными о поступивших шнурках из накладной:

```
SELECT * FROM shoelace_arrive;

 arr_name | arr_quant
----------+-----------
 sl3      |        10
 sl6      |        20
 sl8      |        20
(3 rows)
```

Взгляните на текущие данные:

```
SELECT * FROM shoelace;

 sl_name  | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
----------+----------+----------+--------+---------+-----------
 sl1      |        5 | black    |     80 | cm      |        80
 sl2      |        6 | black    |    100 | cm      |       100
 sl7      |        6 | brown    |     60 | cm      |        60
 sl3      |        0 | black    |     35 | inch    |      88.9
 sl4      |        8 | black    |     40 | inch    |     101.6
 sl8      |        1 | brown    |     40 | inch    |     101.6
 sl5      |        4 | brown    |      1 | m       |       100
 sl6      |        0 | brown    |    0.9 | m       |        90
(8 rows)
```

Теперь переместите прибывшие шнурки во вторую таблицу:

```
INSERT INTO shoelace_ok SELECT * FROM shoelace_arrive;
```

Проверьте, что получилось:

```
SELECT * FROM shoelace ORDER BY sl_name;

 sl_name  | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
----------+----------+----------+--------+---------+-----------
 sl1      |        5 | black    |     80 | cm      |        80
 sl2      |        6 | black    |    100 | cm      |       100
 sl7      |        6 | brown    |     60 | cm      |        60
 sl4      |        8 | black    |     40 | inch    |     101.6
 sl3      |       10 | black    |     35 | inch    |      88.9
 sl8      |       21 | brown    |     40 | inch    |     101.6
 sl5      |        4 | brown    |      1 | m       |       100
 sl6      |       20 | brown    |    0.9 | m       |        90
(8 rows)

SELECT * FROM shoelace_log;

 sl_name | sl_avail | log_who| log_when
---------+----------+--------+----------------------------------
 sl7     |        6 | Al     | Tue Oct 20 19:14:45 1998 MET DST
 sl3     |       10 | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
 sl6     |       20 | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
 sl8     |       21 | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
(4 rows)
```

Чтобы получить эти результаты из одного `INSERT ... SELECT`, была проделана большая работа. Мы подробно опишем всё преобразование дерева запросов в продолжении этой главы. Начнём с дерева, выданного анализатором запроса:

```
INSERT INTO shoelace_ok
SELECT shoelace_arrive.arr_name, shoelace_arrive.arr_quant
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok;
```

Теперь применяется первое правило `shoelace_ok_ins`, создающее такое дерево:

```
UPDATE shoelace
   SET sl_avail = shoelace.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
       shoelace_ok old, shoelace_ok new,
       shoelace shoelace
 WHERE shoelace.sl_name = shoelace_arrive.arr_name;
```

и отбрасывающее исходный `INSERT` в `shoelace_ok`. Этот переписанный запрос снова поступает в систему правил и второе применяемое правило `shoelace_upd` выдаёт:

```
UPDATE shoelace_data
   SET sl_name = shoelace.sl_name,
       sl_avail = shoelace.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       sl_color = shoelace.sl_color,
       sl_len = shoelace.sl_len,
       sl_unit = shoelace.sl_unit
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
       shoelace_ok old, shoelace_ok new,
       shoelace shoelace, shoelace old,
       shoelace new, shoelace_data shoelace_data
 WHERE shoelace.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
   AND shoelace_data.sl_name = shoelace.sl_name;
```

Это тоже правило `INSTEAD`, так что предыдущее дерево запроса отбрасывается. Заметьте, что этот запрос по-прежнему использует представление `shoelace`. Но система правил ещё не закончила свою работу, она продолжает и применяет правило `_RETURN`, так что мы получаем:

```
UPDATE shoelace_data
   SET sl_name = s.sl_name,
       sl_avail = s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       sl_color = s.sl_color,
       sl_len = s.sl_len,
       sl_unit = s.sl_unit
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
       shoelace_ok old, shoelace_ok new,
       shoelace shoelace, shoelace old,
       shoelace new, shoelace_data shoelace_data,
       shoelace old, shoelace new,
       shoelace_data s, unit u
 WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
   AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name;
```

Наконец, применяется правило `log_shoelace` и выдаётся дополнительное дерево запроса:

```
INSERT INTO shoelace_log
SELECT s.sl_name,
       s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       current_user,
       current_timestamp
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
       shoelace_ok old, shoelace_ok new,
       shoelace shoelace, shoelace old,
       shoelace new, shoelace_data shoelace_data,
```

```
       shoelace old, shoelace new,
       shoelace_data s, unit u,
       shoelace_data old, shoelace_data new
       shoelace_log shoelace_log
 WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
   AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name
   AND (s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant) <> s.sl_avail;
```

Теперь, обработав все правила, система правил выдаёт построенные деревья запросов.

В итоге мы получаем два дерева запросов, равнозначные следующим операторам SQL:

```
INSERT INTO shoelace_log
SELECT s.sl_name,
       s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       current_user,
       current_timestamp
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_data shoelace_data,
       shoelace_data s
 WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
   AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name
   AND s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant <> s.sl_avail;

UPDATE shoelace_data
   SET sl_avail = shoelace_data.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant
  FROM shoelace_arrive shoelace_arrive,
       shoelace_data shoelace_data,
       shoelace_data s
 WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.sl_name
   AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name;
```

В результате вся операция, в ходе которой данные, поступающие из одного отношения, вставляются в другое, вставка преобразуется в изменение третьего, что затем становится изменением четвёртого, и запись об этом изменении добавляется в пятое, сводится к двум запросам.

Здесь можно заметить маленькую не очень красивую деталь. Как видно, в этих двух запросах таблица `shoelace_data` фигурирует в списке отношений дважды, тогда как определённо достаточно и одного вхождения. Планировщик не понимает этого и поэтому для дерева запроса `INSERT`, выданного системой правил, будет получен такой план:

```
Nested Loop
  ->  Merge Join
        ->  Seq Scan
              ->  Sort
                    ->  Seq Scan on s
        ->  Seq Scan
              ->  Sort
                    ->  Seq Scan on shoelace_arrive
  ->  Seq Scan on shoelace_data
```

Тогда как без лишнего элемента в списке отношений мы получили бы:

```
Merge Join
  ->  Seq Scan
        ->  Sort
              ->  Seq Scan on s
  ->  Seq Scan
        ->  Sort
              ->  Seq Scan on shoelace_arrive
```

При этом в журнале оказались бы точно такие же записи. Таким образом, применение правил повлекло дополнительное сканирование таблицы `shoelace_data`, в котором не было никакой необходимости. И такое же избыточное сканирование выполняется ещё раз в UPDATE. Отнеситесь к этому с пониманием, ведь сделать всё это возможным в принципе было действительно сложно.

И наконец, ещё одна, завершающая демонстрация системы правил PostgreSQL и всей её мощи. Предположим, что вы добавили в базу данных шнурки с экстраординарными цветами:

```
INSERT INTO shoelace VALUES ('sl9', 0, 'pink', 35.0, 'inch', 0.0);
INSERT INTO shoelace VALUES ('sl10', 1000, 'magenta', 40.0, 'inch', 0.0);
```

Давайте создадим представление, чтобы убедиться, что шнурки (записи в shoelace) не подходят ни к каким туфлям. Оно будет определено так:

```
CREATE VIEW shoelace_mismatch AS
    SELECT * FROM shoelace WHERE NOT EXISTS
        (SELECT shoename FROM shoe WHERE slcolor = sl_color);
```

Через него мы получаем наши записи:

```
SELECT * FROM shoelace_mismatch;

 sl_name | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
---------+----------+----------+--------+---------+-----------
 sl9     |        0 | pink     |     35 | inch    |      88.9
 sl10    |     1000 | magenta  |     40 | inch    |     101.6
```

Теперь мы хотим, чтобы шнурки, которые ни к чему не подходят, удалялись из базы данных. Чтобы немного усложнить задачу для PostgreSQL, мы не будем удалять их непосредственно из таблицы. Вместо этого мы создадим ещё одно представление:

```
CREATE VIEW shoelace_can_delete AS
    SELECT * FROM shoelace_mismatch WHERE sl_avail = 0;
```

И удалим их так:

```
DELETE FROM shoelace WHERE EXISTS
    (SELECT * FROM shoelace_can_delete
             WHERE sl_name = shoelace.sl_name);
```

Вуаля:

```
SELECT * FROM shoelace;

 sl_name | sl_avail | sl_color | sl_len | sl_unit | sl_len_cm
---------+----------+----------+--------+---------+-----------
 sl1     |        5 | black    |     80 | cm      |        80
 sl2     |        6 | black    |    100 | cm      |       100
 sl7     |        6 | brown    |     60 | cm      |        60
 sl4     |        8 | black    |     40 | inch    |     101.6
 sl3     |       10 | black    |     35 | inch    |      88.9
 sl8     |       21 | brown    |     40 | inch    |     101.6
 sl10    |     1000 | magenta  |     40 | inch    |     101.6
 sl5     |        4 | brown    |      1 | m       |       100
 sl6     |       20 | brown    |    0.9 | m       |        90
(9 rows)
```

Так запрос DELETE для представления с ограничивающим условием-подзапросом, использующим в совокупности 4 вложенных/соединённых представления, с одним из которых тоже связано условие с подзапросом, задействующим представление, и где используются вычисляемые столбцы представлений, переписывается и преобразуется в одно дерево запроса, которое удаляет требуемые данные из реальной таблицы.

На практике ситуации, когда необходима такая сложная конструкция, встречаются довольно редко, но тем не менее приятно осознавать, что всё это возможно и работает.

40.5. Правила и права

В результате переписывания запросов системой правил PostgreSQL обращение может происходить не к тем таблицам/представлениям, к которым обращался исходный запрос. С правилами для изменения возможна так же и запись в другие таблицы.

Правила перезаписи не имеют отдельного владельца — владельцем правил перезаписи, определённых для отношения (таблицы или представления), автоматически считается владелец этого отношения. Система правил PostgreSQL меняет поведение стандартного механизма управления доступом. К отношениям, используемым вследствие применения правил, проверяется доступ владельца правила, но не пользователя, выполняющего запрос. Это значит, что пользователь должен иметь права, необходимые только для обращения к таблицам/представлениям, которые он явно упоминает в своих запросах.

Например, представим, что у пользователя есть список телефонных номеров, некоторые из которых личные, а некоторые должна знать его ассистентка. Он может построить следующую конструкцию:

```
CREATE TABLE phone_data (person text, phone text, private boolean);
CREATE VIEW phone_number AS
    SELECT person, CASE WHEN NOT private THEN phone END AS phone
    FROM phone_data;
GRANT SELECT ON phone_number TO assistant;
```

Никто, кроме него (и суперпользователей базы данных) не сможет обратиться к таблице `phone_data`. Но так как ассистентке было дано (`GRANT`) соответствующее право, она сможет выполнить `SELECT` для представления `phone_number`. Система правил преобразует `SELECT` из `phone_number` в `SELECT` из таблицы `phone_data`. Так как пользователь является владельцем `phone_number`, он же считается владельцем правила, доступ на чтение `phone_data` проверяется для него, и выполнение запроса разрешается. Проверка прав доступа к `phone_number` тоже выполняется, но при этом проверяется пользователь, выполняющий запрос, так что обращаться к этому представлению смогут только сам пользователь и его ассистентка.

Права проверяются правило за правилом. То есть, в данный момент только ассистентка может видеть открытые телефонные номера. Но она может создать другое представление и дать доступ к нему всем (роли `public`), после чего все смогут видеть данные `phone_number` через представление ассистентки. Что она не может сделать, так это создать представление, которое обращается к `phone_data` напрямую. (Вообще она может это сделать, но такое представление не будет работать, так как при любой попытке прочитать его доступ к таблице будет запрещён.) И как только пользователь заметит, что ассистентка открыла доступ к своему представлению `phone_number`, он может лишить её права чтения этого представления. В результате все сразу потеряют доступ и к представлению ассистентки.

Может показаться, что такая проверка «правило-за-правилом» представляет уязвимость, но это не так. Если бы даже этот механизм не работал, ассистентка могла бы создать таблицу со столбцами как в `phone_number` и регулярно копировать туда данные. Тогда это были бы её собственные данные и она могла бы открывать доступ к ним кому угодно. Другими словами, команда `GRANT` означает «Я доверяю тебе». Если кто-то, кому вы доверяете, проделывает такие операции, стоит задуматься и, возможно, лишить его доступа к данным, применив `REVOKE`.

Хотя представления могут применяться для скрытия содержимого определённых столбцов, как описано выше, с их помощью нельзя надёжно скрыть данные в невидимых строках, если только не установлен флаг `security_barrier`. Например, следующее представление небезопасно:

```
CREATE VIEW phone_number AS
    SELECT person, phone FROM phone_data WHERE phone NOT LIKE '412%';
```

Может показаться, что всё в порядке, ведь система правил преобразует `SELECT` из `phone_number` в `SELECT` из `phone_data` и добавит ограничивающее условие, чтобы выдавались только строки с полем `phone`, начинающимся не с 412. Но если пользователь может создавать собственные функции, ему будет не сложно заставить планировщик выполнять функцию пользователя перед выражением NOT LIKE. Например:

```
CREATE FUNCTION tricky(text, text) RETURNS bool AS $$
BEGIN
    RAISE NOTICE '% => %', $1, $2;
    RETURN true;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql COST 0.0000000000000000000001;

SELECT * FROM phone_number WHERE tricky(person, phone);
```

Так он сможет получить все имена и номера телефонов из таблицы phone_data через сообщения NOTICE, так как планировщик решит, что лучше выполнить недорогую функцию tricky перед более дорогой операцией NOT LIKE. И даже если пользователь не имеет права создавать новые функции, он может использовать для подобных атак встроенные функции. (Например, многие функции приведения показывают входные значения в сообщениях об ошибках.)

Подобные соображения распространяются и на правила для изменения. Применительно к примерам предыдущего раздела, владелец таблиц в базе данных может дать кому-нибудь другому для представления shoelace права SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE, а для shoelace_log только SELECT. Действие правила, добавляющее записи в журнал, всё равно будет выполняться успешно, а этот другой пользователь сможет видеть записи в журнале. Но он не сможет создавать поддельные записи, равно как и модифицировать или удалять существующие. В этом случае нет никакой возможности заставить планировщик изменить порядок операций, так как единственное правило, которое обращается к shoelace_log — это безусловный INSERT. В более сложных сценариях это может быть не так.

Когда требуется, чтобы представление обеспечивало защиту на уровне строк, к нему нужно применить атрибут security_barrier. Это предотвратит утечку содержимого строк из злонамеренно выбранных функций и операторов до того, как строки будут отфильтрованы представлением. Например, показанное выше представление будет безопасным, если создать его так:

```
CREATE VIEW phone_number WITH (security_barrier) AS
    SELECT person, phone FROM phone_data WHERE phone NOT LIKE '412%';
```

Представления, созданные с атрибутом security_barrier, могут работать гораздо медленнее, чем обычные. И вообще говоря, это неизбежно: самый быстрый план должен быть отвергнут, если он может скомпрометировать защиту. Поэтому данный атрибут по умолчанию не устанавливается.

Планировщик запросов имеет больше свободы, работая с функциями, лишёнными побочных эффектов. Такие функции называются герметичными (LEAKPROOF) и включают только простые часто используемые операторы, например, операторы равенства. Планировщик запросов может безопасно вычислять такие функции в любой момент выполнения запроса, так как при вызове их для строк, невидимых пользователю, не просочится никакая информация об этих строках. Более того, функции, которые не принимают аргументы или которым не передаются аргументы из представления с барьером безопасности, можно не помечать как LEAKPROOF, чтобы они вышли наружу, так как они никогда не получат данные из представления. И напротив, функции, которые могут вызвать ошибку в зависимости от значений аргументов (например, в случае переполнения или деления на ноль), герметичными не являются, и могут выдать существенную информацию о невидимых строках, если будут выполнены перед фильтрами строк.

Важно понимать, что даже представление, созданное с атрибутом security_barrier, остаётся безопасным только в том смысле, что содержимое невидимых строк не будет передаваться потенциально небезопасным функциям. Но пользователь может собрать некоторые сведения о невидимых данных и другими способами; например, он может проанализировать план запроса, полученный с EXPLAIN, или замерить время выполнения запросов с этим представлением. Злоумышленник может сделать определённые выводы об объёме невидимых данных или даже получить некоторую информацию о распределении данных или наиболее частых значениях (так как всё это отражается в статистике для оптимизатора и, как следствие, влияет на время выполнения плана или даже на выбор плана). Если возможность атаки через скрытые каналы вызывает опасения, вероятно, будет разумным не предоставлять никакой доступ к этим данным.

40.6. Правила и статус команд

Сервер PostgreSQL возвращает строку состояния команды, например, `INSERT 149592 1`, для каждой получаемой команды. Это довольно прозрачно, когда не задействуются правила, но что произойдёт, если правила перезапишут запрос?

Правила влияют на состояния команды следующим образом:

- Если с запросом не связано безусловное правило `INSTEAD`, то выполняется заданный исходный запрос и его статус выдаётся как обычно. (Но если определены какие-то условные правила `INSTEAD`, к исходному запросу добавляется условие, обратное их условиям применения. Это может повлиять на число обрабатываемых строк и выводимый статус команды.)
- Если с запросом связано безусловное правило `INSTEAD`, исходный запрос не выполняется вовсе. В этом случае сервер возвратит статус команды от последнего запроса, вставленного правилом `INSTEAD` (условным или безусловным), и тип команды исходного запроса (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`). Если правила не добавили подходящего запроса, в возвращённом статусе команды показывается исходный тип запроса и нули вместо количества строк и OID.

Программист может добиться, чтобы статус команды во втором случае устанавливало нужное правило `INSTEAD`, назначив ему имя, стоящее по алфавиту после других активных правил, чтобы это правило применялось последним.

40.7. Сравнение правил и триггеров

Многие вещи, которые можно сделать с помощью триггеров, можно также реализовать, используя систему правил PostgreSQL. Однако, используя правила, нельзя реализовать, например, некоторые типы ограничений, в частности, внешние ключи. Хотя можно определить правило с ограничивающим условием, которое будет преобразовать команду в `NOTHING`, если значение ключа не находится в другой таблице, но при этом неподходящие данные будут отбрасываться молча, а это не самый лучший вариант. Также, если требуется проверить правильность значений и, обнаружив неверное значение, выдать ошибку, это нужно делать в триггере.

В этой главе мы разберём использование правил для изменения представлений. Все правила, приведённые в примерах этой главы, можно также заменить триггерами `INSTEAD OF` для представлений. Написать такие триггеры часто бывает проще, чем разработать правила, особенно если для изменений применяется сложная логика.

Для тех задач, которые можно решить обоими способами, лучший выбирается в зависимости от характера использования базы данных. Следует учитывать, что триггер срабатывает для каждой обрабатываемой строки, а правило изменяет существующий запрос или создаёт ещё один. Поэтому, если один оператор обрабатывает сразу много строк, правило, добавляющее дополнительную команду, скорее всего, будет работать быстрее, чем триггер, который вызывается для каждой очередной строки и должен каждый раз определять, что с ней делать. Однако триггеры концептуально гораздо проще правил, и использовать их правильно новичкам гораздо проще.

Давайте рассмотрим пример, показывающий, как выбор в пользу правил вместо триггеров оказывается выигрышным в определённой ситуации. Пусть у нас есть две таблицы:

```
CREATE TABLE computer (
    hostname        text,    -- индексированное
    manufacturer    text     -- индексированное
);

CREATE TABLE software (
    software        text,    -- индексированное
    hostname        text     -- индексированное
```

```
);
```

Обе таблицы содержат несколько тысяч строк, а индексы по полю `hostname` являются уникальными. Правило или триггер должны реализовать ограничение, которое удалит строки из таблицы `software`, ссылающиеся на удаляемый компьютер. Триггер выполнял бы такую команду:

```
DELETE FROM software WHERE hostname = $1;
```

Так как триггер вызывается для каждой отдельной строки, удаляемой из таблицы `computer`, он может подготовить и сохранить план этой команды, а затем передавать значение `hostname` подготовленному запросу в параметрах. Правило же можно записать так:

```
CREATE RULE computer_del AS ON DELETE TO computer
    DO DELETE FROM software WHERE hostname = OLD.hostname;
```

Теперь давайте взглянем на разные варианты удаления. В этом случае:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname = 'mypc.local.net';
```

таблица `computer` сканируется по индексу (быстро), и команда, выполняемая триггером, так же будет применять сканирование по индексу (тоже быстро). Дополнительной командой правила будет:

```
DELETE FROM software WHERE computer.hostname = 'mypc.local.net'
                       AND software.hostname = computer.hostname;
```

Так как созданы все необходимые индексы, планировщик создаст план

```
Nestloop
  ->  Index Scan using comp_hostidx on computer
  ->  Index Scan using soft_hostidx on software
```

Таким образом, большого различия в скорости между реализациями с триггером и с правилом не будет.

Теперь мы хотим избавиться от 2000 компьютеров, у которых `hostname` начинается с `old`. Это можно сделать двумя командами. Первая:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname >= 'old'
                       AND hostname <  'ole'
```

Правило преобразует её в:

```
DELETE FROM software WHERE computer.hostname >= 'old' AND computer.hostname < 'ole'
                       AND software.hostname = computer.hostname;
```

с планом:

```
Hash Join
  ->  Seq Scan on software
  ->  Hash
    ->  Index Scan using comp_hostidx on computer
```

С другой возможной командой:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname ~ '^old';
```

для запроса, преобразованного правилом, получается следующий план:

```
Nestloop
  ->  Index Scan using comp_hostidx on computer
  ->  Index Scan using soft_hostidx on software
```

Это показывает, что планировщик не понимает, что ограничение по `hostname` в `computer` можно также использовать для сканирования по индексу в `software`, когда несколько условий объединяются с помощью `AND`, что он успешно делает для варианта команды с регулярным выражением. Триггер будет вызываться для каждой из 2000 удаляемых записей о старых компьютерах, и это приведёт к одному сканированию индекса в таблице `computer` и 2000 сканированиям индекса в таблице `software`. Реализация с правилом делает это двумя командами, применяющими индексы.

Будет ли правило быстрее при последовательном сканировании, зависит от общего размера таблицы software. С другой стороны, выполнение 2000 команд из триггера через менеджер SPI всё равно займёт время, даже если все блоки индекса вскоре окажутся в кеше.

В завершение взгляните на эту команду:

```
DELETE FROM computer WHERE manufacturer = 'bim';
```

Она также может привести к удалению множества строк из таблицы computer. Поэтому триггер снова пропустит через исполнитель такое же множество команд. Правило же выдаст следующую команду:

```
DELETE FROM software WHERE computer.manufacturer = 'bim'
                       AND software.hostname = computer.hostname;
```

План для этой команды снова будет содержать вложенный цикл по двум сканированиям индекса, но на этот раз с другим индексом таблицы computer:

```
Nestloop
  ->  Index Scan using comp_manufidx on computer
  ->  Index Scan using soft_hostidx on software
```

Во всех этих случаях дополнительные команды будут более-менее независимыми от числа затрагиваемых строк.

Таким образом, правила будут значительно медленнее триггеров, только если их действия приводят к образованию больших и плохо связанных соединений, когда планировщик оказывается бессилен.

Глава 41. Процедурные языки

PostgreSQL позволяет разрабатывать пользовательские функции не только на SQL и C, но и на других языках. Эти языки в целом называются *процедурными языками* (PL, Procedural Language). Если функция написана на процедурном языке, сервер баз данных сам по себе не знает, как интерпретировать её исходный текст. Вместо этого он передаёт эту задачу специальному обработчику, понимающему данный язык. Обработчик может либо выполнить всю работу по разбору, синтаксическому анализу, выполнению кода и т. д., либо действовать как «прослойка» между PostgreSQL и внешним исполнителем языка программирования. Сам обработчик представляет собой функцию на языке C, скомпилированную в виде разделяемого объекта и загружаемую по требованию, как и любая другая функция на C.

В настоящее время стандартный дистрибутив PostgreSQL включает четыре процедурных языка: PL/pgSQL (Глава 42), PL/Tcl (Глава 43), PL/Perl (Глава 44) и PL/Python (Глава 45). Существуют и другие процедурные языки, поддержка которых не включена в базовый дистрибутив. Информацию о них можно найти в Приложении H. Кроме того, пользователи могут реализовать и другие языки; основы разработки нового процедурного языка рассматриваются в Главе 55.

41.1. Установка процедурных языков

Прежде всего, процедурный язык должен быть «установлен» в каждую базу данных, где он будет использоваться. Но процедурные языки, устанавливаемые в базу данных `template1`, автоматически становятся доступными во всех впоследствии создаваемых базах, так как их определения в `template1` будут скопированы командой `CREATE DATABASE`. Таким образом, администратор баз данных может выбрать, какие языки будут доступны в определённых базах данных, и при желании сделать некоторые языки доступными по умолчанию.

Для языков, включённых в стандартный дистрибутив, достаточно выполнить команду `CREATE EXTENSION` *`имя_языка`*, чтобы установить язык в текущую базу данных. Описанная ниже ручная процедура рекомендуется только для установки языков, не упакованных в виде расширений.

Установка процедурного языка вручную

Процедурный язык устанавливается в базу данных в пять этапов, и выполнять их должен администратор баз данных. В большинстве случаев необходимые команды SQL следует упаковать в виде установочного скрипта «расширения», чтобы их можно было выполнить, воспользовавшись командой `CREATE EXTENSION`.

1. Разделяемый объект для обработчика языка должен быть скомпилирован и установлен в соответствующий каталог библиотек. Это в принципе не отличается от сборки и установки дополнительных модулей с обычными функциями на языке C; см. Подраздел 37.10.5. Часто обработчик языка зависит от внешней библиотеки, в которой собственно реализован исполнитель языка программирования; в таких случаях нужно установить и эту библиотеку.

2. Обработчик должен быть объявлен командой

   ```
   CREATE FUNCTION имя_функции_обработчика()
       RETURNS language_handler
       AS 'путь-к-разделяемому-объекту'
       LANGUAGE C;
   ```

   Специальный тип возврата `language_handler` говорит СУБД, что эта функция не возвращает какой-либо определённый тип данных SQL, и значит её нельзя использовать непосредственно в операторах SQL.

3. (Optional) Дополнительно обработчик языка может предоставить функцию обработки «внедрённого кода», которая будет выполнять анонимные блоки кода (команды DO), написанные на этом языке. Если для языка есть обработчик внедрённого кода, объявите его такой командой:

   ```
   CREATE FUNCTION имя_обработчика_внедрённого_кода(internal)
       RETURNS void
   ```

```
    AS 'путь-к-разделяемому-объекту'
    LANGUAGE C;
```

4. (Optional) Кроме того, обработчик языка может предоставить функцию «проверки», которая будет проверять корректность определения функции, собственно не выполняя её. Функция проверки, если она существует, вызывается командой `CREATE FUNCTION`. Если такая функция для языка определена, объявите её такой командой:

```
CREATE FUNCTION имя_функции_проверки(oid)
    RETURNS void
    AS 'путь-к-разделяемому-объекту'
    LANGUAGE C STRICT;
```

5. Наконец, процедурный язык должен быть объявлен командой

```
CREATE [TRUSTED] LANGUAGE имя_языка
    HANDLER имя_функции_обработчика
    [INLINE имя_обработчика_внедрённого_кода]
    [VALIDATOR имя_функции_проверки] ;
```

   Необязательное ключевое слово `TRUSTED` (доверенный) указывает, что язык не предоставляет пользователю доступ к данным, которого он не имел бы без него. Доверенные языки предназначены для обычных пользователей баз данных, не имеющих прав суперпользователя, и их можно использовать для безопасного создания функций и процедур. Так как функции PL выполняются внутри сервера баз данных, флаг `TRUSTED` следует устанавливать только для тех языков, которые не позволяют обращаться к внутренним механизмам сервера или файловой системе. Языки PL/pgSQL, PL/Tcl и PL/Perl считаются доверенными; языки PL/TclU, PL/PerlU и PL/PythonU предоставляют неограниченную функциональность, и их *не* следует помечать как доверенные.

Примере 41.1 показывает, как выполняется процедура ручной установки для языка PL/Perl.

Пример 41.1. Установка PL/Perl вручную

Следующая команда говорит серверу баз данных, где найти разделяемый объект для функции-обработчика языка PL/Perl:

```
CREATE FUNCTION plperl_call_handler() RETURNS language_handler AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C;
```

Для PL/Perl реализованы обработчик внедрённого кода и функция проверки, так что их мы тоже объявим:

```
CREATE FUNCTION plperl_inline_handler(internal) RETURNS void AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C STRICT;

CREATE FUNCTION plperl_validator(oid) RETURNS void AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C STRICT;
```

Следующая команда:

```
CREATE TRUSTED LANGUAGE plperl
    HANDLER plperl_call_handler
    INLINE plperl_inline_handler
    VALIDATOR plperl_validator;
```

определяет, что ранее объявленные функции должны вызываться для функций и процедур с атрибутом языка `plperl`.

В стандартной инсталляции PostgreSQL обработчик языка PL/pgSQL уже собран и установлен в каталог «библиотек»; более того, сам язык PL/pgSQL установлен во всех базах данных. Если при сборке сконфигурирована поддержка Tcl, то обработчики для PL/Tcl и PL/TclU собираются и устанавливаются в каталог библиотек, но сам язык по умолчанию в базы данных не устанавливается. Подобным образом, если сконфигурирована поддержка Perl, собираются и устанавливаются обработчики PL/Perl и PL/PerlU, а при включении поддержки Python устанавливается обработчик PL/PythonU, но в базы данных эти языки по умолчанию не устанавливаются.

Глава 42. PL/pgSQL — процедурный язык SQL

42.1. Обзор

PL/pgSQL это процедурный язык для СУБД PostgreSQL. Целью проектирования PL/pgSQL было создание загружаемого процедурного языка, который:

- используется для создания функций, процедур и триггеров,
- добавляет управляющие структуры к языку SQL,
- может выполнять сложные вычисления,
- наследует все пользовательские типы, функции, процедуры и операторы,
- может быть определён как доверенный язык,
- прост в использовании.

Функции PL/pgSQL могут использоваться везде, где допустимы встроенные функции. Например, можно создать функции со сложными вычислениями и условной логикой, а затем использовать их при определении операторов или в индексных выражениях.

В версии PostgreSQL 9.0 и выше PL/pgSQL устанавливается по умолчанию. Тем не менее это по-прежнему загружаемый модуль и администраторы, особо заботящиеся о безопасности, могут удалить его при необходимости.

42.1.1. Преимущества использования PL/pgSQL

PostgreSQL и большинство других СУБД используют SQL в качестве языка запросов. SQL хорошо переносим и прост в изучении. Однако каждый оператор SQL выполняется индивидуально на сервере базы данных.

Это значит, что ваше клиентское приложение должно каждый запрос отправлять на сервер, ждать пока он будет обработан, получать результат, делать некоторые вычисления, затем отправлять последующие запросы на сервер. Всё это требует межпроцессного взаимодействия, а также несёт нагрузку на сеть, если клиент и сервер базы данных расположены на разных компьютерах.

PL/pgSQL позволяет сгруппировать блок вычислений и последовательность запросов *внутри* сервера базы данных, таким образом, мы получаем силу процедурного языка и простоту использования SQL при значительной экономии накладных расходов на клиент-серверное взаимодействие.

- Исключаются дополнительные обращения между клиентом и сервером
- Промежуточные ненужные результаты не передаются между сервером и клиентом
- Есть возможность избежать многочисленных разборов одного запроса

В результате это приводит к значительному увеличению производительности по сравнению с приложением, которое не использует хранимых функций.

Кроме того, PL/pgSQL позволяет использовать все типы данных, операторы и функции SQL.

42.1.2. Поддерживаемые типы данных аргументов и возвращаемых значений

Функции на PL/pgSQL могут принимать в качестве аргументов все поддерживаемые сервером скалярные типы данных или массивы и возвращать в качестве результата любой из этих типов. Они могут принимать и возвращать любой именованный составной тип (тип кортежа). Также есть возможность объявить функцию на PL/pgSQL как принимающую `record`, то есть ей может быть передан любой составной тип, или как возвращающую `record`, то есть её результатом будет кортеж, столбцы которого определит спецификация вызывающего запроса, как описано в Подразделе 7.2.1.4.

Использование маркера VARIADIC позволяет объявлять функции на PL/pgSQL с переменным числом аргументов. Это работает точно так же, как и для функций на SQL, как описано в Подразделе 37.5.5.

Функции на PL/pgSQL могут также принимать и возвращать полиморфные типы, описанные в Подразделе 37.2.5, вследствие чего фактические типы данных, обрабатываемые функцией, могут меняться от вызова к вызову. Примеры приведены в Подразделе 42.3.1.

Функции на PL/pgSQL могут возвращать «множества» (или таблицы) любого типа, которые могут быть возвращены в виде одного объекта. Такие функции генерируют вывод, выполняя команду RETURN NEXT для каждого элемента результирующего набора или RETURN QUERY для вывода результата запроса.

Наконец, при отсутствии полезного возвращаемого значения функция на PL/pgSQL может возвращать void. (С другой стороны, её также можно оформить в виде процедуры.)

Функции на PL/pgSQL можно объявить с выходными параметрами вместо явного задания типа возвращаемого значения. Это не добавляет никаких фундаментальных возможностей языку, но часто бывает удобно, особенно для возвращения нескольких значений. Нотация RETURNS TABLE может использоваться вместо RETURNS SETOF.

Конкретные примеры рассматриваются в Подразделе 42.3.1 и Подразделе 42.6.1.

42.2. Структура PL/pgSQL

Функции, написанные на PL/pgSQL, определяются на сервере командами CREATE FUNCTION. Такая команда обычно выглядит, например, так:

```
CREATE FUNCTION somefunc(integer, text) RETURNS integer
AS 'тело функции'
LANGUAGE plpgsql;
```

Если рассматривать CREATE FUNCTION, тело функции представляет собой просто текстовую строку. Часто для написания тела функции удобнее заключать эту строку в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в обычные апострофы. Если не применять заключение в доллары, все апострофы или обратные косые черты в теле функции придётся экранировать, дублируя их. Почти во всех примерах в этой главе тело функций заключается в доллары.

PL/pgSQL это блочно-структурированный язык. Текст тела функции должен быть *блоком*. Структура блока:

```
[ <<метка>> ]
[ DECLARE
    объявления ]
BEGIN
    операторы
END [ метка ];
```

Каждое объявление и каждый оператор в блоке должны завершаться символом «;» (точка с запятой). Блок, вложенный в другой блок, должен иметь точку с запятой после END, как показано выше. Однако финальный END, завершающий тело функции, не требует точки с запятой.

> **Подсказка**
>
> Распространённой ошибкой является добавление точки с запятой сразу после BEGIN. Это неправильно и приведёт к синтаксической ошибке.

Метка требуется только тогда, когда нужно идентифицировать блок в операторе EXIT, или дополнить имена переменных, объявленных в этом блоке. Если метка указана после END, то она должна совпадать с меткой в начале блока.

Ключевые слова не чувствительны к регистру символов. Как и в обычных SQL-командах, идентификаторы неявно преобразуются к нижнему регистру, если они не взяты в двойные кавычки.

Комментарии в PL/pgSQL коде работают так же, как и в обычном SQL. Двойное тире (`--`) начинает комментарий, который завершается в конце строки. Блочный комментарий начинается с `/*` и завершается `*/`. Блочные комментарии могут быть вложенными.

Любой оператор в выполняемой секции блока может быть *вложенным блоком*. Вложенные блоки используются для логической группировки нескольких операторов или локализации области действия переменных для группы операторов. Во время выполнения вложенного блока переменные, объявленные в нём, скрывают переменные внешних блоков с такими же именами. Чтобы получить доступ к внешним переменным, нужно дополнить их имена меткой блока. Например:

```
CREATE FUNCTION somefunc() RETURNS integer AS $$
<< outerblock >>
DECLARE
    quantity integer := 30;
BEGIN
    RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity;  -- Выводится 30
    quantity := 50;
    --
    -- Вложенный блок
    --
    DECLARE
        quantity integer := 80;
    BEGIN
        RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity;  -- Выводится 80
        RAISE NOTICE 'Во внешнем блоке quantity = %', outerblock.quantity;  --
 Выводится 50
    END;

    RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity;  -- Выводится 50

    RETURN quantity;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Примечание

Существует скрытый «внешний блок», окружающий тело каждой функции на PL/pgSQL. Этот блок содержит объявления параметров функции (если они есть), а также некоторые специальные переменные, такие как `FOUND` (см. Подраздел 42.5.5). Этот блок имеет метку, совпадающую с именем функции, таким образом, параметры и специальные переменные могут быть дополнены именем функции.

Важно не путать использование `BEGIN`/`END` для группировки операторов в PL/pgSQL с одноимёнными SQL-командами для управления транзакциями. `BEGIN`/`END` в PL/pgSQL служат только для группировки предложений; они не начинают и не заканчивают транзакции. Управление транзакциями в PL/pgSQL описывается в Разделе 42.8. Кроме того, блок с предложением `EXCEPTION` по сути создаёт вложенную транзакцию, которую можно отменить, не затрагивая внешнюю транзакцию. Подробнее это описано в Подразделе 42.6.8.

42.3. Объявления

Все переменные, используемые в блоке, должны быть определены в секции объявления. (За исключением переменной-счётчика цикла `FOR`, которая объявляется автоматически. Для цикла по диапазону чисел автоматически объявляется целочисленная переменная, а для цикла по результатам курсора - переменная типа `record`.)

Переменные PL/pgSQL могут иметь любой тип данных SQL, такой как `integer`, `varchar`, `char`.

Примеры объявления переменных:

```
user_id integer;
quantity numeric(5);
url varchar;
myrow tablename%ROWTYPE;
myfield tablename.columnname%TYPE;
arow RECORD;
```

Общий синтаксис объявления переменной:

```
имя [ CONSTANT ] тип [ COLLATE имя_правила_сортировки ] [ NOT NULL ] [ { DEFAULT | := |
 = } выражение ];
```

Предложение `DEFAULT`, если присутствует, задаёт начальное значение, которое присваивается переменной при входе в блок. Если отсутствует, то переменная инициализируется SQL-значением `NULL`. Указание `CONSTANT` предотвращает изменение значения переменной после инициализации, таким образом, значение остаётся постоянным в течение всего блока. Параметр `COLLATE` определяет правило сортировки, которое будет использоваться для этой переменной (см. Подраздел 42.3.6). Если указано `NOT NULL`, то попытка присвоить `NULL` во время выполнения приведёт к ошибке. Все переменные, объявленные как `NOT NULL`, должны иметь непустые значения по умолчанию. Можно использовать знак равенства (=) вместо совместимого с PL/SQL `:=`.

Значение по умолчанию вычисляется и присваивается переменной каждый раз при входе в блок (не только при первом вызове функции). Так, например, если переменная типа `timestamp` имеет функцию `now()` в качестве значения по умолчанию, это приведёт к тому, что переменная всегда будет содержать время текущего вызова функции, а не время, когда функция была предварительно скомпилирована.

Примеры:

```
quantity integer DEFAULT 32;
url varchar := 'http://mysite.com';
user_id CONSTANT integer := 10;
```

42.3.1. Объявление параметров функции

Переданные в функцию параметры именуются идентификаторами `$1`, `$2` и т. д. Дополнительно, для улучшения читаемости, можно объявить псевдонимы для параметров `$n`. Либо псевдоним, либо цифровой идентификатор используются для обозначения параметра.

Создать псевдоним можно двумя способами. Предпочтительный способ это дать имя параметру в команде `CREATE FUNCTION`, например:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(subtotal real) RETURNS real AS $$
BEGIN
    RETURN subtotal * 0.06;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Другой способ это явное объявление псевдонима при помощи синтаксиса:

```
имя ALIAS FOR $n;
```

Предыдущий пример для этого стиля выглядит так:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(real) RETURNS real AS $$
DECLARE
    subtotal ALIAS FOR $1;
BEGIN
```

```
    RETURN subtotal * 0.06;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

> **Примечание**
>
> Эти два примера не полностью эквивалентны. В первом случае на `subtotal` можно ссылаться как `sales_tax.subtotal`, а во втором случае такая ссылка невозможна. (Если бы к внутреннему блоку была добавлена метка, то `subtotal` можно было бы дополнить этой меткой.)

Ещё несколько примеров:

```
CREATE FUNCTION instr(varchar, integer) RETURNS integer AS $$
DECLARE
    v_string ALIAS FOR $1;
    index ALIAS FOR $2;
BEGIN
    -- вычисления, использующие v_string и index
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;


CREATE FUNCTION concat_selected_fields(in_t sometablename) RETURNS text AS $$
BEGIN
    RETURN in_t.f1 || in_t.f3 || in_t.f5 || in_t.f7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Когда функция на PL/pgSQL объявляется с выходными параметрами, им выдаются цифровые идентификаторы `$n` и для них можно создавать псевдонимы точно таким же способом, как и для обычных входных параметров. Выходной параметр это фактически переменная, стартующая с NULL и которой присваивается значение во время выполнения функции. Возвращается последнее присвоенное значение. Например, функция sales_tax может быть переписана так:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(subtotal real, OUT tax real) AS $$
BEGIN
    tax := subtotal * 0.06;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обратите внимание, что мы опустили `RETURNS real` — хотя можно было и включить, но это было бы излишним.

Выходные параметры наиболее полезны для возвращения нескольких значений. Простейший пример:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product(x int, y int, OUT sum int, OUT prod int) AS $$
BEGIN
    sum := x + y;
    prod := x * y;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Как обсуждалось в Подразделе 37.5.4, здесь фактически создаётся анонимный тип `record` для возвращения результата функции. Если используется предложение `RETURNS`, то оно должно выглядеть как `RETURNS record`.

Есть ещё способ объявить функцию на PL/pgSQL с использованием `RETURNS TABLE`, например:

```
CREATE FUNCTION extended_sales(p_itemno int)
```

```
RETURNS TABLE(quantity int, total numeric) AS $$
BEGIN
    RETURN QUERY SELECT s.quantity, s.quantity * s.price FROM sales s
                 WHERE s.itemno = p_itemno;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Это в точности соответствует объявлению одного или нескольких параметров `OUT` и указанию `RETURNS SETOF` *некий_тип*.

Для функции на PL/pgSQL, возвращающей полиморфный тип (см. Подраздел 37.2.5), создаётся специальный параметр `$0`. Его тип данных соответствует типу, фактически возвращаемому функцией, который устанавливается на основании фактических типов входных параметров. Это позволяет функции обращаться к фактически возвращаемому типу данных, как показано в Подразделе 42.3.3. Параметр `$0` инициализируется в `NULL` и его можно изменять внутри функции. Таким образом, его можно использовать для хранения возвращаемого значения, хотя это необязательно. Параметру `$0` можно дать псевдоним. В следующем примере функция работает с любым типом данных, поддерживающим оператор `+`:

```
CREATE FUNCTION add_three_values(v1 anyelement, v2 anyelement, v3 anyelement)
RETURNS anyelement AS $$
DECLARE
    result ALIAS FOR $0;
BEGIN
    result := v1 + v2 + v3;
    RETURN result;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Такой же эффект получается при объявлении одного или нескольких выходных параметров полиморфного типа. При этом `$0` не создаётся; выходные параметры сами используются для этой цели. Например:

```
CREATE FUNCTION add_three_values(v1 anyelement, v2 anyelement, v3 anyelement,
                                 OUT sum anyelement)
AS $$
BEGIN
    sum := v1 + v2 + v3;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

На практике может быть полезнее объявить полиморфную функцию, используя семейство типов `anycompatible`, чтобы входные аргументы автоматически сводились к общему типу. Например:

```
CREATE FUNCTION add_three_values(v1 anycompatible, v2 anycompatible, v3 anycompatible)
RETURNS anycompatible AS $$
BEGIN
    RETURN v1 + v2 + v3;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Показанная функция позволяет выполнить такой вызов:

```
SELECT add_three_values(1, 2, 4.7);
```

В данном случае целочисленные аргументы будут автоматически приведены к numeric. В функции же, использующей `anyelement`, вам нужно было бы преобразовать все три аргумента к одному вручную.

42.3.2. ALIAS

```
новое_имя ALIAS FOR старое_имя;
```

Синтаксис `ALIAS` более общий, чем предполагалось в предыдущем разделе: псевдонимы можно объявлять для любых переменных, а не только для параметров функции. Основная практическая польза в том, чтобы назначить другие имена переменным с предопределёнными названиями, таким как `NEW` или `OLD` в триггерной функции.

Примеры:

```
DECLARE
  prior ALIAS FOR old;
  updated ALIAS FOR new;
```

Поскольку `ALIAS` даёт два различных способа именования одних и тех же объектов, то его неограниченное использование может привести к путанице. Лучше всего использовать `ALIAS` для переименования предопределённых имён.

42.3.3. Наследование типов данных

```
переменная%TYPE
```

Конструкция `%TYPE` предоставляет тип данных переменной или столбца таблицы. Её можно использовать для объявления переменных, содержащих значения из базы данных. Например, для объявления переменной с таким же типом, как и столбец `user_id` в таблице `users` нужно написать:

```
user_id users.user_id%TYPE;
```

Используя `%TYPE`, не нужно знать тип данных структуры, на которую вы ссылаетесь. И самое главное, если в будущем тип данных изменится (например: тип данных для `user_id` поменяется с `integer` на `real`), то вам может не понадобиться изменять определение функции.

Использование `%TYPE` особенно полезно в полиморфных функциях, поскольку типы данных, необходимые для внутренних переменных, могут меняться от одного вызова к другому. Соответствующие переменные могут быть созданы с применением `%TYPE` к аргументам и возвращаемому значению функции.

42.3.4. Типы кортежей

```
имя имя_таблицы%ROWTYPE;
имя имя_составного_типа;
```

Переменная составного типа называется *переменной-кортежем* (или переменной *типа кортежа*). Значением такой переменной может быть целый кортеж, полученный в результате выполнения запроса `SELECT` или `FOR`, при условии, что набор столбцов запроса соответствует заявленному типу переменной. Доступ к отдельным полям значения кортежа осуществляется как обычно, через точку, например `rowvar.field`.

Переменная-кортеж может быть объявлена с таким же типом, как и строка в существующей таблице или представлении, используя нотацию *`имя_таблицы`*`%ROWTYPE`; или с именем составного типа. (Поскольку каждая таблица имеет соответствующий составной тип с таким же именем, то на самом деле в PostgreSQL не имеет значения, пишете ли вы `%ROWTYPE` или нет. Но использование `%ROWTYPE` более переносимо.)

Параметры функции могут быть составного типа (строки таблицы). В этом случае соответствующий идентификатор `$n` будет переменной-кортежем, поля которой можно выбирать, например `$1.user_id`.

Ниже приведён пример использования составных типов. `table1` и `table2` это существующие таблицы, имеющие, по меньшей мере, перечисленные столбцы:

```
CREATE FUNCTION merge_fields(t_row table1) RETURNS text AS $$
DECLARE
```

```
    t2_row table2%ROWTYPE;
BEGIN
    SELECT * INTO t2_row FROM table2 WHERE ... ;
    RETURN t_row.f1 || t2_row.f3 || t_row.f5 || t2_row.f7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT merge_fields(t.*) FROM table1 t WHERE ... ;
```

42.3.5. Тип record

```
имя RECORD;
```

Переменные типа `record` похожи на переменные-кортежи, но они не имеют предопределённой структуры. Они приобретают фактическую структуру от строки, которая им присваивается командами `SELECT` или `FOR`. Структура переменной типа `record` может меняться каждый раз при присваивании значения. Следствием этого является то, что пока значение не присвоено первый раз, переменная типа `record` не имеет структуры и любая попытка получить доступ к отдельному полю приведёт к ошибке во время выполнения.

Обратите внимание, что `RECORD` это не подлинный тип данных, а только лишь заполнитель. Также следует понимать, что функция на PL/pgSQL, имеющая тип возвращаемого значения `record`, это не то же самое, что и переменная типа `record`, хотя такая функция может использовать переменную типа `record` для хранения своего результата. В обоих случаях фактическая структура строки неизвестна во время создания функции, но для функции, возвращающей `record`, фактическая структура определяется во время разбора вызывающего запроса, в то время как переменная типа `record` может менять свою структуру на лету.

42.3.6. Упорядочение переменных PL/pgSQL

Когда функция на PL/pgSQL имеет один или несколько параметров сортируемых типов данных, правило сортировки определяется при каждом вызове функции в зависимости от правил сортировки фактических аргументов, как описано в Разделе 23.2. Если оно определено успешно (т. е. среди аргументов нет конфликтов между неявными правилами сортировки), то все соответствующие параметры неявно трактуются как имеющее это правило сортировки. Внутри функции это будет влиять на поведение операторов, зависящих от используемого правила сортировки. Рассмотрим пример:

```
CREATE FUNCTION less_than(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
BEGIN
    RETURN a < b;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT less_than(text_field_1, text_field_2) FROM table1;
SELECT less_than(text_field_1, text_field_2 COLLATE "C") FROM table1;
```

В первом случае `less_than` будет использовать для сравнения общее правило сортировки для `text_field_1` и `text_field_2`, в то время как во втором случае будет использоваться правило `C`.

Кроме того, определённое для вызова функции правило сортировки также будет использоваться для любых локальных переменных соответствующего типа. Таким образом, функция не станет работать по-другому, если её переписать так:

```
CREATE FUNCTION less_than(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
DECLARE
    local_a text := a;
    local_b text := b;
BEGIN
    RETURN local_a < local_b;
```

```
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Если параметров с типами данных, поддерживающими сортировку, нет, или для параметров невозможно определить общее правило сортировки, тогда для параметров и локальных переменных применяются правила, принятые для их типа данных по умолчанию (которые обычно совпадают с правилами сортировки по умолчанию, принятыми для базы данных, но могут отличаться для переменных доменных типов).

Локальная переменная может иметь правило сортировки, отличное от правила по умолчанию. Для этого используется параметр `COLLATE` в объявлении переменной, например:

```
DECLARE
    local_a text COLLATE "en_US";
```

Этот параметр переопределяет правило сортировки, которое получила бы переменная в соответствии с вышеуказанными правилами.

И, конечно же, можно явно указывать параметр `COLLATE` для конкретных операций внутри функции, если к ним требуется применить конкретное правило сортировки. Например:

```
CREATE FUNCTION less_than_c(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
BEGIN
    RETURN a < b COLLATE "C";
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Как и в обычной SQL-команде, это переопределяет правила сортировки, связанные с полями таблицы, параметрами и локальными переменными, которые используются в данном выражении.

42.4. Выражения

Все выражения, используемые в операторах PL/pgSQL, обрабатываются основным исполнителем SQL-сервера. Например, для вычисления такого выражения:

```
IF выражение THEN ...
```

PL/pgSQL отправит следующий запрос исполнителю SQL:

```
SELECT выражение
```

При формировании команды `SELECT` все вхождения имён переменных PL/pgSQL заменяются параметрами, как подробно описано в Подразделе 42.11.1. Это позволяет один раз подготовить план выполнения команды `SELECT` и повторно использовать его в последующих вычислениях с различными значениями переменных. Таким образом, при первом использовании выражения, по сути происходит выполнение команды `PREPARE`. Например, если мы объявили две целочисленные переменные `x` и `y`, и написали:

```
IF x < y THEN ...
```

то, что реально происходит за сценой, эквивалентно:

```
PREPARE имя_оператора(integer, integer) AS SELECT $1 < $2;
```

и затем, эта подготовленная команда исполняется (`EXECUTE`) для каждого оператора `IF` с текущими значениями переменных PL/pgSQL, переданных как значения параметров. Обычно эти детали не важны для пользователей PL/pgSQL, но их полезно знать при диагностировании проблем. Более подробно об этом рассказывается в Подразделе 42.11.2.

42.5. Основные операторы

В этом и последующих разделах описаны все типы операторов, которые понимает PL/pgSQL. Все, что не признается в качестве одного из этих типов операторов, считается командой SQL и отправляется для исполнения в основную машину базы данных, как описано в Подразделе 42.5.2 и Подразделе 42.5.3.

42.5.1. Присваивания

Присваивание значения переменной PL/pgSQL записывается в виде:

```
переменная { := | = } выражение;
```

Как описывалось ранее, выражение в таком операторе вычисляется с помощью SQL-команды `SELECT`, посылаемой в основную машину базы данных. Выражение должно получить одно значение (возможно, значение строки, если это переменная-кортеж или переменная типа `record`). Целевая переменная может быть простой переменной (возможно, дополненной именем блока), полем кортежа или записи; или элементом массива, который является простой переменной или полем. Для присваивания можно использовать знак равенства (=) вместо совместимого с PL/SQL `:=`.

Если тип данных результата выражения не соответствует типу данных переменной, это значение будет преобразовано к нужному типу с использованием приведения присваивания (см. Раздел 10.4). В случае отсутствия приведения присваивания для этой пары типов, интерпретатор PL/pgSQL попытается преобразовать значение результата через текстовый формат, то есть применив функцию вывода типа результата, а за ней функцию ввода типа переменной. Заметьте, что при этом функция ввода может выдавать ошибки времени выполнения, если не воспримет строковое представление значения результата.

Примеры:

```
tax := subtotal * 0.06;
my_record.user_id := 20;
```

42.5.2. Выполнение команды, не возвращающей результат

В функции на PL/pgSQL можно выполнить любую команду SQL, не возвращающую строк, просто написав эту команду (например, `INSERT` без предложения `RETURNING`).

Имя любой переменной PL/pgSQL в тексте команды рассматривается как параметр, а затем текущее значение переменной подставляется в качестве значения параметра во время выполнения. Это в точности совпадает с описанной ранее обработкой для выражений; за подробностями обратитесь к Подразделу 42.11.1.

При выполнении SQL-команды таким образом, PL/pgSQL может кешировать и повторно использовать план выполнения команды, как обсуждается в Подразделе 42.11.2.

Иногда бывает полезно вычислить значение выражения или запроса `SELECT`, но отказаться от результата, например, при вызове функции, у которой есть побочные эффекты, но нет полезного результата. Для этого в PL/pgSQL, используется оператор `PERFORM`:

```
PERFORM запрос;
```

Эта команда выполняет *запрос* и отбрасывает результат. *Запросы* пишутся таким же образом, как и в команде SQL `SELECT`, но ключевое слово `SELECT` заменяется на `PERFORM`. Для запросов `WITH` после `PERFORM` нужно поместить запрос в скобки. (В этом случае запрос может вернуть только одну строку.) Переменные PL/pgSQL будут подставлены в запрос так же, как и в команду, не возвращающую результат, план запроса также кешируется. Кроме того, специальная переменная `FOUND` устанавливается в истину, если запрос возвращает, по крайней мере, одну строку, или ложь, если не возвращает ни одной строки (см. Подраздел 42.5.5).

Примечание

Можно предположить, что такой же результат получается непосредственно командой `SELECT`, но в настоящее время использование `PERFORM` является единственным способом. Команда SQL, которая может возвращать строки, например SELECT, будет отклонена с ошибкой, если не имеет предложения INTO, как описано в следующем разделе.

Пример:

```
PERFORM create_mv('cs_session_page_requests_mv', my_query);
```

42.5.3. Выполнение запроса, возвращающего одну строку

Результат SQL-команды, возвращающей одну строку (возможно из нескольких столбцов), может быть присвоен переменной типа record, переменной-кортежу или списку скалярных переменных. Для этого нужно к основной команде SQL добавить предложение INTO. Так, например:

```
SELECT выражения_select INTO [STRICT] цель FROM ...;
INSERT ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
UPDATE ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
DELETE ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
```

где *цель* может быть переменной типа record, переменной-кортежем или разделённым запятыми списком скалярных переменных, полей записи/строки. Переменные PL/pgSQL подставляются в оставшуюся часть запроса, план выполнения кешируется, так же, как было описано выше для команд, не возвращающих строки. Это работает для команд SELECT, INSERT/UPDATE/DELETE с предложением RETURNING и служебных команд, возвращающих результат в виде набора строк (таких как EXPLAIN). За исключением предложения INTO, это те же SQL-команды, как их можно написать вне PL/pgSQL.

Подсказка

Обратите внимание, что данная интерпретация SELECT с INTO полностью отличается от PostgreSQL команды SELECT INTO, где в INTO указывается вновь создаваемая таблица. Если вы хотите в функции на PL/pgSQL создать таблицу, основанную на результате команды SELECT, используйте синтаксис CREATE TABLE ... AS SELECT.

Если результат запроса присваивается кортежу или списку переменных, то они должны в точности соответствовать по количеству и типам данных столбцам результата, иначе произойдёт ошибка во время выполнения. Если используется переменная типа record, то она автоматически приводится к типу строки результата запроса.

Предложение INTO может появиться практически в любом месте SQL-команды. Обычно его записывают непосредственно перед или сразу после списка *выражения_select* в SELECT или в конце команды для команд других типов. Рекомендуется следовать этому соглашению на случай, если правила разбора PL/pgSQL ужесточатся в будущих версиях.

Если указание STRICT отсутствует в предложении INTO, то *цели* присваивается первая строка, возвращённая запросом; или NULL, если запрос не вернул строк. (Заметим, что понятие «первая строка» определяется неоднозначно без ORDER BY.) Все остальные строки результата после первой отбрасываются. Можно проверить специальную переменную FOUND (см. Подраздел 42.5.5), чтобы определить, была ли возвращена запись:

```
SELECT * INTO myrec FROM emp WHERE empname = myname;
IF NOT FOUND THEN
    RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % не найден', myname;
END IF;
```

Если добавлено указание STRICT, то запрос должен вернуть ровно одну строку или произойдёт ошибка во время выполнения: либо NO_DATA_FOUND (нет строк), либо TOO_MANY_ROWS (более одной строки). Можно использовать секцию исключений в блоке для обработки ошибок, например:

```
BEGIN
    SELECT * INTO STRICT myrec FROM emp WHERE empname = myname;
    EXCEPTION
        WHEN NO_DATA_FOUND THEN
            RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % не найден', myname;
        WHEN TOO_MANY_ROWS THEN
            RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % уже существует', myname;
END;
```

После успешного выполнения команды с указанием `STRICT`, значение переменной `FOUND` всегда устанавливается в истину.

Для `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE` с `RETURNING`, PL/pgSQL возвращает ошибку, если выбрано более одной строки, даже в том случае, когда указание `STRICT` отсутствует. Так происходит потому, что у этих команд нет возможности, типа `ORDER BY`, указать какая из задействованных строк должна быть возвращена.

Если для функции включён режим `print_strict_params`, то при возникновении ошибки, связанной с нарушением условия `STRICT`, в детальную (`DETAIL`) часть сообщения об ошибке будет включена информация о параметрах, переданных запросу. Изменить значение `print_strict_params` можно установкой параметра `plpgsql.print_strict_params`. Но это повлияет только на функции, скомпилированные после изменения. Для конкретной функции можно использовать указание компилятора, например:

```
CREATE FUNCTION get_userid(username text) RETURNS int
AS $$
#print_strict_params on
DECLARE
userid int;
BEGIN
    SELECT users.userid INTO STRICT userid
        FROM users WHERE users.username = get_userid.username;
    RETURN userid;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В случае сбоя будет сформировано примерно такое сообщение об ошибке

```
ERROR:  query returned no rows
DETAIL:  parameters: username = 'nosuchuser'
CONTEXT:  PL/pgSQL function get_userid(text) line 6 at SQL statement
```

Примечание

С указанием `STRICT` поведение `SELECT INTO` и связанных операторов соответствует принятому в Oracle PL/SQL.

Как действовать в случаях, когда требуется обработать несколько строк результата, описано в Подразделе 42.6.6.

42.5.4. Выполнение динамически формируемых команд

Часто требуется динамически формировать команды внутри функций на PL/pgSQL, то есть такие команды, в которых при каждом выполнении могут использоваться разные таблицы или типы данных. Обычно PL/pgSQL кеширует планы выполнения (как описано в Подразделе 42.11.2), но в случае с динамическими командами это не будет работать. Для исполнения динамических команд предусмотрен оператор `EXECUTE`:

```
EXECUTE строка-команды [ INTO [STRICT] цель ] [ USING выражение [, ... ] ];
```

где *строка-команды* это выражение, формирующее строку (типа `text`) с текстом команды, которую нужно выполнить. Необязательная *цель* — это переменная-запись, переменная-кортеж или разделённый запятыми список простых переменных и полей записи/кортежа, куда будут помещены результаты команды. Необязательные выражения в `USING` формируют значения, которые будут вставлены в команду.

В сформированном тексте команды замена имён переменных PL/pgSQL на их значения проводиться не будет. Все необходимые значения переменных должны быть вставлены в командную строку при её построении, либо нужно использовать параметры, как описано ниже.

Также нет никакого кеширования плана для команд, выполняемых с помощью `EXECUTE`. Вместо этого план создаётся каждый раз при выполнении. Таким образом, строка команды может динамически создаваться внутри функции для выполнения действий с различными таблицами и столбцами.

Предложение `INTO` указывает, куда должны быть помещены результаты SQL-команды, возвращающей строки. Если передаётся кортеж или список переменных, то они должны в точности соответствовать структуре результата запроса (когда используется переменная типа `record`, она автоматически приводится к типу строки результата запроса). Если возвращается несколько строк, то только первая будет присвоена переменной(ым) в `INTO`. Если не возвращается ни одной строки, то присваивается NULL. Без предложения `INTO` результаты запроса отбрасываются.

С указанием `STRICT` запрос должен вернуть ровно одну строку, иначе выдаётся сообщение об ошибке.

В тексте команды можно использовать значения параметров, ссылки на параметры обозначаются как `$1`, `$2` и т. д. Эти символы указывают на значения, находящиеся в предложении `USING`. Такой метод зачастую предпочтительнее, чем вставка значений в команду в виде текста: он позволяет исключить во время выполнения дополнительные расходы на преобразования значений в текст и обратно, и не открывает возможности для SQL-инъекций, не требуя применять экранирование или кавычки для спецсимволов. Пример:

```
EXECUTE 'SELECT count(*) FROM mytable WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2'
   INTO c
   USING checked_user, checked_date;
```

Обратите внимание, что символы параметров можно использовать только вместо значений данных. Если же требуется динамически формировать имена таблиц или столбцов, их необходимо вставлять в виде текста. Например, если в предыдущем запросе необходимо динамически задавать имя таблицы, можно сделать следующее:

```
EXECUTE 'SELECT count(*) FROM '
    || quote_ident(tabname)
    || ' WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2'
   INTO c
   USING checked_user, checked_date;
```

В качестве более аккуратного решения, вместо имени таблиц или столбцов можно использовать указание формата `%I` с функцией `format()` (текст, разделённый символами новой строки, соединяется вместе):

```
EXECUTE format('SELECT count(*) FROM %I '
   'WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2', tabname)
   INTO c
   USING checked_user, checked_date;
```

Ещё одно ограничение состоит в том, что символы параметров могут использоваться только в командах `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. В операторы других типов (обычно называемые служебными) значения нужно вставлять в текстовом виде, даже если это просто значения данных.

Команда `EXECUTE` с неизменяемым текстом и параметрами USING (как в первом примере выше), функционально эквивалентна команде, записанной напрямую в PL/pgSQL, в которой переменные

PL/pgSQL автоматически заменяются значениями. Важное отличие в том, что EXECUTE при каждом исполнении заново строит план команды с учётом текущих значений параметров, тогда как PL/pgSQL строит общий план выполнения и кеширует его при повторном использовании. В тех случаях, когда наилучший план выполнения сильно зависит от значений параметров, может быть полезно использовать EXECUTE для гарантии того, что не будет выбран общий план.

В настоящее время команда SELECT INTO не поддерживается в EXECUTE, вместо этого нужно выполнять обычный SELECT и указать INTO для самой команды EXECUTE.

> ## Примечание
>
> Оператор EXECUTE в PL/pgSQL не имеет отношения к одноимённому SQL-оператору сервера PostgreSQL. Серверный EXECUTE не может напрямую использоваться в функциях на PL/pgSQL (и в этом нет необходимости).

Пример 42.1. Использование кавычек в динамических запросах

При работе с динамическими командами часто приходится иметь дело с экранированием одинарных кавычек. Рекомендуемым методом для взятия текста в кавычки в теле функции является экранирование знаками доллара. (Если имеется унаследованный код, не использующий этот метод, пожалуйста, обратитесь к обзору в Подразделе 42.12.1, это поможет сэкономить усилия при переводе кода к более приемлемому виду.)

Динамические значения требуют особого внимания, так как они могут содержать апострофы. Например, можно использовать функцию format() (предполагается, что тело функции заключается в доллары, так что апострофы дублировать не нужно):

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = $1 '
   'WHERE key = $2', colname) USING newvalue, keyvalue;
```

Также можно напрямую вызывать функции заключения в кавычки:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
        || quote_ident(colname)
        || ' = '
        || quote_literal(newvalue)
        || ' WHERE key = '
        || quote_literal(keyvalue);
```

Этот пример демонстрирует использование функций quote_ident и quote_literal (см. Раздел 9.4). Для надёжности, выражения, содержащие идентификаторы столбцов и таблиц должны использовать функцию quote_ident при добавлении в текст запроса. А для выражений со значениями, которые должны быть обычными строками, используется функция quote_literal. Эти функции выполняют соответствующие шаги, чтобы вернуть текст, заключённый в двойные или одинарные кавычки соответственно и с правильно экранированными специальными символами.

Так как функция quote_literal помечена как STRICT, то она всегда возвращает NULL, если переданный ей аргумент имеет значение NULL. В приведённом выше примере, если newvalue или keyvalue были NULL, вся строка с текстом запроса станет NULL, что приведёт к ошибке в EXECUTE. Для предотвращения этой проблемы используйте функцию quote_nullable, которая работает так же, как quote_literal за исключением того, что при вызове с пустым аргументом возвращает строку 'NULL'. Например:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
        || quote_ident(colname)
        || ' = '
        || quote_nullable(newvalue)
        || ' WHERE key = '
```

```
        || quote_nullable(keyvalue);
```

Если вы имеете дело со значениями, которые могут быть пустыми, то, как правило, нужно использовать `quote_nullable` вместо `quote_literal`.

Как обычно, необходимо убедиться, что значения NULL в запросе не принесут неожиданных результатов. Например, следующее условие `WHERE`

```
'WHERE key = ' || quote_nullable(keyvalue)
```

никогда не выполнится, если `keyvalue` — NULL, так как применение `=` с операндом, имеющим значение NULL, всегда даёт NULL. Если требуется, чтобы NULL обрабатывалось как обычное значение, то условие выше нужно переписать так:

```
'WHERE key IS NOT DISTINCT FROM ' || quote_nullable(keyvalue)
```

(В настоящее время `IS NOT DISTINCT FROM` работает менее эффективно, чем `=`, так что используйте этот способ, только если это действительно необходимо. Подробнее особенности NULL и `IS DISTINCT` описаны в Разделе 9.2.)

Обратите внимание, что использование знака $ полезно только для взятия в кавычки фиксированного текста. Плохая идея написать этот пример так:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
        || quote_ident(colname)
        || ' = $$'
        || newvalue
        || '$$ WHERE key = '
        || quote_literal(keyvalue);
```

потому что `newvalue` может также содержать `$$`. Эта же проблема может возникнуть и с любым другим разделителем, используемым после знака `$`. Поэтому, чтобы безопасно заключить заранее неизвестный текст в кавычки, *нужно* использовать соответствующие функции: `quote_literal`, `quote_nullable`, или `quote_ident`.

Динамические операторы SQL также можно безопасно сформировать, используя функцию `format` (см. Подраздел 9.4.1). Например:

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = %L '
   'WHERE key = %L', colname, newvalue, keyvalue);
```

Указание `%I` равнозначно вызову `quote_ident`, а `%L` — вызову `quote_nullable`. Функция `format` может применяться в сочетании с предложением `USING`:

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = $1 WHERE key = $2', colname)
   USING newvalue, keyvalue;
```

Эта форма лучше, так как с ней переменные обрабатываются в их собственном формате данных, а не преобразуются безусловно в текст, чтобы затем выводиться с использованием `%L`. Она также и более эффективна.

Более объёмный пример использования динамической команды и `EXECUTE` можно увидеть в Примере 42.10. В нём создаётся и динамически выполняется команда `CREATE FUNCTION` для определения новой функции.

42.5.5. Статус выполнения команды

Определить результат команды можно несколькими способами. Во-первых, можно воспользоваться командой `GET DIAGNOSTICS`, имеющей форму:

```
GET [ CURRENT ] DIAGNOSTICS переменная { = | := } элемент [ , ... ];
```

Эта команда позволяет получить системные индикаторы состояния. Слово `CURRENT` не несёт смысловой нагрузки (но см. также описание `GET STACKED DIAGNOSTICS` в Подразделе 42.6.8.1). Каждый *элемент* представляется ключевым словом, указывающим, какое значение состояния нужно присвоить заданной *переменной* (она должна иметь подходящий тип данных, чтобы принять его). Доступные в настоящее время элементы состояния показаны в Таблице 42.1. Вместо принятого в стандарте SQL присваивания (=) можно применять присваивание с двоеточием (:=). Например:

```
GET DIAGNOSTICS integer_var = ROW_COUNT;
```

Таблица 42.1. Доступные элементы диагностики

Имя	Тип	Описание
ROW_COUNT	bigint	число строк, обработанных последней командой SQL
PG_CONTEXT	text	строки текста, описывающие текущий стек вызовов (см. Подраздел 42.6.9)

Второй способ определения статуса выполнения команды заключается в проверке значения специальной переменной `FOUND`, имеющей тип `boolean`. При вызове функции на PL/pgSQL, переменная `FOUND` инициализируется в ложь. Далее, значение переменной изменяется следующими операторами:

- `SELECT INTO` записывает в `FOUND` true, если строка присвоена, или false, если строки не были получены.
- `PERFORM` записывает в `FOUND` true, если строки выбраны (и отброшены) или false, если строки не выбраны.
- `UPDATE`, `INSERT` и `DELETE` записывают в `FOUND` true, если при их выполнении была задействована хотя бы одна строка, или false, если ни одна строка не была задействована.
- `FETCH` записывают в `FOUND` true, если команда вернула строку, или false, если строка не выбрана.
- `MOVE` записывают в `FOUND` true при успешном перемещении курсора, в противном случае — false.
- `FOR`, как и `FOREACH`, записывает в `FOUND` true, если была произведена хотя бы одна итерация цикла, в противном случае — false. При этом значение `FOUND` будет установлено только после выхода из цикла. Пока цикл выполняется, оператор цикла не изменяет значение переменной. Но другие операторы внутри цикла могут менять значение `FOUND`.
- `RETURN QUERY` и `RETURN QUERY EXECUTE` записывают в `FOUND` true, если запрос вернул хотя бы одну строку, или false, если строки не выбраны.

Другие операторы PL/pgSQL не меняют значение `FOUND`. Помните в частности, что `EXECUTE` изменяет вывод `GET DIAGNOSTICS`, но не меняет `FOUND`.

`FOUND` является локальной переменной в каждой функции PL/pgSQL и любые её изменения, влияют только на текущую функцию.

42.5.6. Не делать ничего

Иногда бывает полезен оператор, который не делает ничего. Например, он может показывать, что одна из ветвей if/then/else сознательно оставлена пустой. Для этих целей используется `NULL`:

```
NULL;
```

В следующем примере два фрагмента кода эквивалентны:

```
BEGIN
    y := x / 0;
EXCEPTION
```

```
    WHEN division_by_zero THEN
        NULL;  -- ошибка игнорируется
END;
```

```
BEGIN
    y := x / 0;
EXCEPTION
    WHEN division_by_zero THEN  -- ошибка игнорируется
END;
```

Какой вариант выбрать — дело вкуса.

> **Примечание**
>
> В Oracle PL/SQL не допускаются пустые списки операторов, поэтому `NULL` *обязателен* в подобных ситуациях. В PL/pgSQL разрешается не писать ничего.

42.6. Управляющие структуры

Управляющие структуры, вероятно, наиболее полезная и важная часть PL/pgSQL. С их помощью можно очень гибко и эффективно манипулировать данными PostgreSQL.

42.6.1. Команды, возвращающие значения из функции

Две команды позволяют вернуть данные из функции: `RETURN` и `RETURN NEXT`.

42.6.1.1. RETURN

`RETURN` *`выражение`*;

`RETURN` с последующим выражением прекращает выполнение функции и возвращает значение выражения в вызывающую программу. Эта форма используется для функций PL/pgSQL, которые не возвращают набор строк.

В функции, возвращающей скалярный тип, результирующее выражение автоматически приводится к типу возвращаемого значения. Однако если возвращаемый тип —составной (строка), возвращаемое выражение должно в точности содержать требуемый набор столбцов. При этом может потребоваться явное приведение типов.

Для функции с выходными параметрами просто используйте `RETURN` без выражения. Будут возвращены текущие значения выходных параметров.

Для функции, возвращающей `void`, `RETURN` можно использовать в любом месте, но без выражения после `RETURN`.

Возвращаемое значение функции не может остаться не определённым. Если достигнут конец блока верхнего уровня, а оператор `RETURN` так и не встретился, происходит ошибка времени выполнения. Это не касается функций с выходными параметрами и функций, возвращающих `void`. Для них оператор `RETURN` выполняется автоматически по окончании блока верхнего уровня.

Несколько примеров:

```
-- Функции, возвращающие скалярный тип данных
RETURN 1 + 2;
RETURN scalar_var;

-- Функции, возвращающие составной тип данных
RETURN composite_type_var;
```

```
RETURN (1, 2, 'three'::text);  -- требуется приведение типов
```

42.6.1.2. RETURN NEXT и RETURN QUERY

```
RETURN NEXT выражение;
RETURN QUERY query;
RETURN QUERY EXECUTE строка-команды [USING выражение [, ...]];
```

Для функций на PL/pgSQL, возвращающих `SETOF некий_тип`, нужно действовать несколько по-иному. Отдельные элементы возвращаемого значения формируются командами `RETURN NEXT` или `RETURN QUERY`, а финальная команда `RETURN` без аргументов завершает выполнение функции. `RETURN NEXT` используется как со скалярными, так и с составными типами данных. Для составного типа результат функции возвращается в виде таблицы. `RETURN QUERY` добавляет результат выполнения запроса к результату функции. `RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` можно свободно смешивать в теле функции, в этом случае их результаты будут объединены.

`RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` не выполняют возврат из функции. Они просто добавляют строки в результирующее множество. Затем выполнение продолжается со следующего оператора в функции. Успешное выполнение `RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` формирует множество строк результата. Для выхода из функции используется `RETURN`, обязательно без аргументов (или можно просто дождаться окончания выполнения функции).

`RETURN QUERY` имеет разновидность `RETURN QUERY EXECUTE`, предназначенную для динамического выполнения запроса. В текст запроса можно добавить параметры, используя `USING`, так же как и с командой `EXECUTE`.

Для функции с выходными параметрами просто используйте `RETURN NEXT` без аргументов. При каждом исполнении `RETURN NEXT` текущие значения выходных параметров сохраняются для последующего возврата в качестве строки результата. Обратите внимание, что если функция с выходными параметрами должна возвращать множество значений, то при объявлении нужно указывать `RETURNS SETOF`. При этом если выходных параметров несколько, то используется `RETURNS SETOF record`, а если только один с типом *некий_тип*, то `RETURNS SETOF некий_тип`.

Пример использования `RETURN NEXT`:

```
CREATE TABLE foo (fooid INT, foosubid INT, fooname TEXT);
INSERT INTO foo VALUES (1, 2, 'three');
INSERT INTO foo VALUES (4, 5, 'six');

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_all_foo() RETURNS SETOF foo AS
$BODY$
DECLARE
    r foo%rowtype;
BEGIN
    FOR r IN
        SELECT * FROM foo WHERE fooid > 0
    LOOP
        -- здесь возможна обработка данных
        RETURN NEXT r; -- возвращается текущая строка запроса
    END LOOP;
    RETURN;
END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;

SELECT * FROM get_all_foo();
```

Пример использования `RETURN QUERY`:

```
CREATE FUNCTION get_available_flightid(date) RETURNS SETOF integer AS
```

```
$BODY$
BEGIN
    RETURN QUERY SELECT flightid
                   FROM flight
                  WHERE flightdate >= $1
                    AND flightdate < ($1 + 1);

    -- Так как выполнение ещё не закончено, можно проверить, были ли возвращены строки,
    -- и выдать исключение, если нет.
    IF NOT FOUND THEN
        RAISE EXCEPTION 'Нет рейсов на дату: %.', $1;
    END IF;

    RETURN;
 END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;

-- Возвращает доступные рейсы либо вызывает исключение, если таковых нет.
SELECT * FROM get_available_flightid(CURRENT_DATE);
```

Примечание

В текущей реализации RETURN NEXT и RETURN QUERY результирующее множество накапливается целиком, прежде чем будет возвращено из функции. Если множество очень большое, то это может отрицательно сказаться на производительности, так как при нехватке оперативной памяти данные записываются на диск. В следующих версиях PL/pgSQL это ограничение будет снято. В настоящее время управлять количеством оперативной памяти в подобных случаях можно параметром конфигурации work_mem. При наличии свободной памяти администраторы должны рассмотреть возможность увеличения значения данного параметра.

42.6.2. Завершение процедуры

Процедура не возвращает никакого значения, поэтому она может завершаться без оператора RETURN. Если вы хотите досрочно завершить выполнение кода оператором RETURN, напишите просто RETURN без возвращаемого выражения.

Если у процедуры есть выходные параметры, конечные значения соответствующих им переменных будут выданы вызывающему коду.

42.6.3. Вызов процедуры

Функция, процедура или блок DO в PL/pgSQL может вызвать процедуру, используя оператор CALL. Выходные параметры при этом обрабатываются не так, как это делает CALL в обычном SQL. Каждому параметру INOUT для процедуры должна соответствовать переменная в операторе CALL, и этой переменной по завершении процедуры будет присвоено возвращаемое процедурой значение. Например:

```
CREATE PROCEDURE triple(INOUT x int)
LANGUAGE plpgsql
AS $$
BEGIN
    x := x * 3;
END;
$$;

DO $$
```

```
DECLARE myvar int := 5;
BEGIN
  CALL triple(myvar);
  RAISE NOTICE 'myvar = %', myvar;  -- выводится 15
END;
$$;
```

42.6.4. Условные операторы

Операторы `IF` и `CASE` позволяют выполнять команды в зависимости от определённых условий. PL/pgSQL поддерживает три формы `IF`:

- `IF ... THEN ... END IF`
- `IF ... THEN ... ELSE ... END IF`
- `IF ... THEN ... ELSIF ... THEN ... ELSE ... END IF`

и две формы `CASE`:

- `CASE ... WHEN ... THEN ... ELSE ... END CASE`
- `CASE WHEN ... THEN ... ELSE ... END CASE`

42.6.4.1. `IF-THEN`

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
END IF;
```

`IF-THEN` это простейшая форма `IF`. Операторы между `THEN` и `END IF` выполняются, если условие (*`логическое-выражение`*) истинно. В противном случае они опускаются.

Пример:

```
IF v_user_id <> 0 THEN
    UPDATE users SET email = v_email WHERE user_id = v_user_id;
END IF;
```

42.6.4.2. `IF-THEN-ELSE`

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
ELSE
    операторы
END IF;
```

`IF-THEN-ELSE` добавляет к `IF-THEN` возможность указать альтернативный набор операторов, которые будут выполнены, если условие не истинно (в том числе, если условие NULL).

Примеры:

```
IF parentid IS NULL OR parentid = ''
THEN
    RETURN fullname;
ELSE
    RETURN hp_true_filename(parentid) || '/' || fullname;
END IF;
```

```
IF v_count > 0 THEN
    INSERT INTO users_count (count) VALUES (v_count);
    RETURN 't';
ELSE
```

```
    RETURN 'f';
END IF;
```

42.6.4.3. IF-THEN-ELSIF

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
[ELSIF логическое-выражение THEN операторы [ELSIF логическое-выражение THEN операторы
 ...]]
[ELSE операторы]
END IF;
```

В некоторых случаях двух альтернатив недостаточно. `IF-THEN-ELSIF` обеспечивает удобный способ проверки нескольких вариантов по очереди. Условия в `IF` последовательно проверяются до тех пор, пока не будет найдено первое истинное. После этого операторы, относящиеся к этому условию, выполняются, и управление переходит к следующей после `END IF` команде. (Все последующие условия не проверяются.) Если ни одно из условий `IF` не является истинным, то выполняется блок `ELSE` (если присутствует).

Пример:

```
IF number = 0 THEN
    result := 'zero';
ELSIF number > 0 THEN
    result := 'positive';
ELSIF number < 0 THEN
    result := 'negative';
ELSE
    -- остаётся только один вариант: number имеет значение NULL
    result := 'NULL';
END IF;
```

Вместо ключевого слова `ELSIF` можно использовать `ELSEIF`.

Другой вариант сделать то же самое, это использование вложенных операторов `IF-THEN-ELSE`, как в следующем примере:

```
IF demo_row.sex = 'm' THEN
    pretty_sex := 'man';
ELSE
    IF demo_row.sex = 'f' THEN
        pretty_sex := 'woman';
    END IF;
END IF;
```

Однако это требует написания соответствующих `END IF` для каждого `IF`, что при наличии нескольких альтернатив делает код более громоздким, чем использование `ELSIF`.

42.6.4.4. Простой CASE

```
CASE выражение-поиска
    WHEN выражение [, выражение [...]] THEN
      операторы
  [WHEN выражение [, выражение [...]] THEN операторы ...]
  [ELSE операторы]
END CASE;
```

Простая форма `CASE` реализует условное выполнение на основе сравнения операндов. *Выражение-поиска* вычисляется (один раз) и последовательно сравнивается с каждым *выражением* в условиях `WHEN`. Если совпадение найдено, то выполняются соответствующие *операторы* и управление переходит к следующей после END CASE команде. (Все последующие выражения WHEN не проверяются.) Если совпадение не было найдено, то выполняются *операторы* в ELSE. Но если ELSE нет, то вызывается исключение CASE_NOT_FOUND.

Пример:

```
CASE x
    WHEN 1, 2 THEN
        msg := 'один или два';
    ELSE
        msg := 'значение, отличное от один или два';
END CASE;
```

42.6.4.5. CASE с перебором условий

```
CASE
    WHEN логическое-выражение THEN
      операторы
  [WHEN логическое-выражение THEN операторы ...]
  [ELSE операторы]
END CASE;
```

Эта форма CASE реализует условное выполнение, основываясь на истинности логических условий. Каждое *логическое-выражение* в предложении WHEN вычисляется по порядку до тех пор, пока не будет найдено истинное. Затем выполняются соответствующие *операторы* и управление переходит к следующей после END CASE команде. (Все последующие выражения WHEN не проверяются.) Если ни одно из условий не окажется истинным, то выполняются *операторы* в ELSE. Но если ELSE нет, то вызывается исключение CASE_NOT_FOUND.

Пример:

```
CASE
    WHEN x BETWEEN 0 AND 10 THEN
        msg := 'значение в диапазоне между 0 и 10';
    WHEN x BETWEEN 11 AND 20 THEN
        msg := 'значение в диапазоне между 11 и 20';
END CASE;
```

Эта форма CASE полностью эквивалента IF-THEN-ELSIF, за исключением того, что при невыполнении всех условий и отсутствии ELSE, IF-THEN-ELSIF ничего не делает, а CASE вызывает ошибку.

42.6.5. Простые циклы

Операторы LOOP, EXIT, CONTINUE, WHILE, FOR и FOREACH позволяют повторить серию команд в функции на PL/pgSQL.

42.6.5.1. LOOP

```
[<<метка>>]
LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

LOOP организует безусловный цикл, который повторяется до бесконечности, пока не будет прекращён операторами EXIT или RETURN. Для вложенных циклов можно использовать *метку* в операторах EXIT и CONTINUE, чтобы указать, к какому циклу эти операторы относятся.

42.6.5.2. EXIT

```
EXIT [ метка ] [WHEN логическое-выражение];
```

Если *метка* не указана, то завершается самый внутренний цикл, далее выполняется оператор, следующий за `END LOOP`. Если *метка* указана, то она должна относиться к текущему или внешнему циклу, или это может быть метка блока. При этом в именованном цикле/блоке выполнение прекращается, а управление переходит к следующему оператору после соответствующего `END`.

При наличии `WHEN` цикл прекращается, только если *логическое-выражение* истинно. В противном случае управление переходит к оператору, следующему за `EXIT`.

`EXIT` можно использовать со всеми типами циклов, не только с безусловным.

Когда `EXIT` используется для выхода из блока, управление переходит к следующему оператору после окончания блока. Обратите внимание, что для выхода из блока нужно обязательно указывать *метку*. `EXIT` без *метки* не позволяет прекратить работу блока. (Это изменение по сравнению с версиями PostgreSQL до 8.4, в которых разрешалось использовать `EXIT` без *метки* для прекращения работы текущего блока.)

Примеры:

```
LOOP
    -- здесь производятся вычисления
    IF count > 0 THEN
        EXIT;  -- выход из цикла
    END IF;
END LOOP;

LOOP
    -- здесь производятся вычисления
    EXIT WHEN count > 0;  -- аналогично предыдущему примеру
END LOOP;

<<ablock>>
BEGIN
    -- здесь производятся вычисления
    IF stocks > 100000 THEN
        EXIT ablock;  -- выход из блока BEGIN
    END IF;
    -- вычисления не будут выполнены, если stocks > 100000
END;
```

42.6.5.3. CONTINUE

```
CONTINUE [ метка ] [WHEN логическое-выражение];
```

Если *метка* не указана, то начинается следующая итерация самого внутреннего цикла. То есть все оставшиеся в цикле операторы пропускаются, и управление переходит к управляющему выражению цикла (если есть) для определения, нужна ли ещё одна итерация цикла. Если *метка* присутствует, то она указывает на метку цикла, выполнение которого будет продолжено.

При наличии `WHEN` следующая итерация цикла начинается только тогда, когда *логическое-выражение* истинно. В противном случае управление переходит к оператору, следующему за `CONTINUE`.

`CONTINUE` можно использовать со всеми типами циклов, не только с безусловным.

Примеры:

```
LOOP
    -- здесь производятся вычисления
    EXIT WHEN count > 100;
    CONTINUE WHEN count < 50;
    -- вычисления для count в диапазоне 50 .. 100
```

```
END LOOP;
```

42.6.5.4. WHILE

```
[<<метка>>]
WHILE логическое-выражение LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

WHILE выполняет серию команд до тех пор, пока истинно *логическое-выражение*. Выражение проверяется непосредственно перед каждым входом в тело цикла.

Пример:

```
WHILE amount_owed > 0 AND gift_certificate_balance > 0 LOOP
    -- здесь производятся вычисления
END LOOP;

WHILE NOT done LOOP
    -- здесь производятся вычисления
END LOOP;
```

42.6.5.5. FOR (целочисленный вариант)

```
[<<метка>>]
FOR имя IN [REVERSE] выражение .. выражение [BY выражение] LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

В этой форме цикла FOR итерации выполняются по диапазону целых чисел. Переменная *имя* автоматически определяется с типом integer и существует только внутри цикла (если уже существует переменная с таким именем, то внутри цикла она будет игнорироваться). Выражения для нижней и верхней границы диапазона чисел вычисляются один раз при входе в цикл. Если не указано BY, то шаг итерации 1, в противном случае используется значение в BY, которое вычисляется, опять же, один раз при входе в цикл. Если указано REVERSE, то после каждой итерации величина шага вычитается, а не добавляется.

Примеры целочисленного FOR:

```
FOR i IN 1..10 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
END LOOP;

FOR i IN REVERSE 10..1 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 10,9,8,7,6,5,4,3,2,1
END LOOP;

FOR i IN REVERSE 10..1 BY 2 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 10,8,6,4,2
END LOOP;
```

Если нижняя граница цикла больше верхней границы (или меньше, в случае REVERSE), то тело цикла не выполняется вообще. При этом ошибка не возникает.

Если с циклом FOR связана *метка*, к целочисленной переменной цикла можно обращаться по имени, указывая эту *метку*.

42.6.6. Цикл по результатам запроса

Другой вариант FOR позволяет организовать цикл по результатам запроса. Синтаксис:

```
[ <<метка>> ]
```

```
FOR цель IN запрос LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Переменная *цель* может быть переменной-кортежем, переменной типа `record` или разделённым запятыми списком скалярных переменных. Переменной *цель* последовательно присваиваются строки результата запроса, и для каждой строки выполняется тело цикла. Пример:

```
CREATE FUNCTION refresh_mviews() RETURNS integer AS $$
DECLARE
    mviews RECORD;
BEGIN
    RAISE NOTICE 'Refreshing all materialized views...';

    FOR mviews IN
       SELECT n.nspname AS mv_schema,
              c.relname AS mv_name,
              pg_catalog.pg_get_userbyid(c.relowner) AS owner
         FROM pg_catalog.pg_class c
    LEFT JOIN pg_catalog.pg_namespace n ON (n.oid = c.relnamespace)
        WHERE c.relkind = 'm'
     ORDER BY 1
    LOOP

        -- Здесь "mviews" содержит одну запись с информацией о матпредставлении

        RAISE NOTICE 'Refreshing materialized view %.% (owner: %)...',
                     quote_ident(mviews.mv_schema),
                     quote_ident(mviews.mv_name),
                     quote_ident(mviews.owner);
        EXECUTE format('REFRESH MATERIALIZED VIEW %I.%I', mviews.mv_schema,
 mviews.mv_name);
    END LOOP;

    RAISE NOTICE 'Done refreshing materialized views.';
    RETURN 1;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Если цикл завершается по команде `EXIT`, то последняя присвоенная строка доступна и после цикла.

В качестве *запроса* в этом типе оператора `FOR` может задаваться любая команда SQL, возвращающая строки. Чаще всего это `SELECT`, но также можно использовать и `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с предложением `RETURNING`. Кроме того, возможно применение и некоторых служебных команд, например `EXPLAIN`.

Для переменных PL/pgSQL в тексте запроса выполняется подстановка значений, план запроса кешируется для возможного повторного использования, как подробно описано в Подразделе 42.11.1 и Подразделе 42.11.2.

Ещё одна разновидность этого типа цикла `FOR-IN-EXECUTE`:

```
[ <<метка>> ]
FOR цель IN EXECUTE выражение_проверки [ USING выражение [, ... ] ] LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Она похожа на предыдущую форму, за исключением того, что текст запроса указывается в виде строкового выражения. Текст запроса формируется и для него строится план выполнения при каждом входе в цикл. Это даёт программисту выбор между скоростью предварительно разобранного запроса и гибкостью динамического запроса, так же, как и в случае с обычным оператором EXECUTE. Как и в EXECUTE, значения параметров могут быть добавлены в команду с использованием USING.

Ещё один способ организовать цикл по результатам запроса это объявить курсор. Описание в Подразделе 42.7.4.

42.6.7. Цикл по элементам массива

Цикл FOREACH очень похож на FOR. Отличие в том, что вместо перебора строк SQL-запроса происходит перебор элементов массива. (В целом, FOREACH предназначен для перебора выражений составного типа. Варианты реализации цикла для работы с прочими составными выражениями помимо массивов могут быть добавлены в будущем.) Синтаксис цикла FOREACH:

```
[ <<метка>> ]
FOREACH цель [ SLICE число ] IN ARRAY выражение LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Без указания SLICE, или если SLICE равен 0, цикл выполняется по всем элементам массива, полученного из *выражения*. Переменной *цель* последовательно присваивается каждый элемент массива и для него выполняется тело цикла. Пример цикла по элементам целочисленного массива:

```
CREATE FUNCTION sum(int[]) RETURNS int8 AS $$
DECLARE
  s int8 := 0;
  x int;
BEGIN
  FOREACH x IN ARRAY $1
  LOOP
    s := s + x;
  END LOOP;
  RETURN s;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обход элементов проводится в том порядке, в котором они сохранялись, независимо от размерности массива. Как правило, *цель* это одиночная переменная, но может быть и списком переменных, когда элементы массива имеют составной тип (записи). В этом случае переменным присваиваются значения из последовательных столбцов составного элемента массива.

При положительном значении SLICE FOREACH выполняет итерации по срезам массива, а не по отдельным элементам. Значение SLICE должно быть целым числом, не превышающим размерности массива. Переменная *цель* должна быть массивом, который получает последовательные срезы исходного массива, где размерность каждого среза задаётся значением SLICE. Пример цикла по одномерным срезам:

```
CREATE FUNCTION scan_rows(int[]) RETURNS void AS $$
DECLARE
  x int[];
BEGIN
  FOREACH x SLICE 1 IN ARRAY $1
  LOOP
    RAISE NOTICE 'row = %', x;
  END LOOP;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT scan_rows(ARRAY[[1,2,3],[4,5,6],[7,8,9],[10,11,12]]);
```

```
NOTICE:  row = {1,2,3}
NOTICE:  row = {4,5,6}
NOTICE:  row = {7,8,9}
NOTICE:  row = {10,11,12}
```

42.6.8. Обработка ошибок

По умолчанию любая возникающая ошибка прерывает выполнение функции на PL/pgSQL и транзакцию, в которой она выполняется. Использование в блоке секции `EXCEPTION` позволяет перехватывать и обрабатывать ошибки. Синтаксис секции `EXCEPTION` расширяет синтаксис обычного блока:

```
[ <<метка>> ]
[ DECLARE
    объявления ]
BEGIN
    операторы
EXCEPTION
    WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
        операторы_обработчика
    [ WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
          операторы_обработчика
      ... ]
END;
```

Если ошибок не было, то выполняются все *операторы* блока и управление переходит к следующему оператору после `END`. Но если при выполнении *оператора* происходит ошибка, то дальнейшая обработка прекращается и управление переходит к списку исключений в секции `EXCEPTION`. В этом списке ищется первое исключение, условие которого соответствует ошибке. Если исключение найдено, то выполняются соответствующие *операторы_обработчика* и управление переходит к следующему оператору после `END`. Если исключение не найдено, то ошибка передаётся наружу, как будто секции `EXCEPTION` не было. При этом ошибку можно перехватить в секции `EXCEPTION` внешнего блока. Если ошибка так и не была перехвачена, то обработка функции прекращается.

В качестве *условия* может задаваться одно из имён, перечисленных в Приложении A. Если задаётся имя категории, ему соответствуют все ошибки в данной категории. Специальному имени условия `OTHERS` (другие) соответствуют все типы ошибок, кроме `QUERY_CANCELED` и `ASSERT_FAILURE`. (И эти два типа ошибок можно перехватить по имени, но часто это неразумно.) Имена условий воспринимаются без учёта регистра. Условие ошибки также можно задать кодом `SQLSTATE`; например, эти два варианта равнозначны:

```
WHEN division_by_zero THEN ...
WHEN SQLSTATE '22012' THEN ...
```

Если при выполнении *операторов_обработчика* возникнет новая ошибка, то она не может быть перехвачена в этой секции `EXCEPTION`. Ошибка передаётся наружу и её можно перехватить в секции `EXCEPTION` внешнего блока.

При выполнении команд в секции `EXCEPTION` локальные переменные функции на PL/pgSQL сохраняют те значения, которые были на момент возникновения ошибки. Однако все изменения в базе данных, выполненные в блоке, будут отменены. В качестве примера рассмотрим следующий фрагмент:

```
INSERT INTO mytab(firstname, lastname) VALUES('Tom', 'Jones');
BEGIN
    UPDATE mytab SET firstname = 'Joe' WHERE lastname = 'Jones';
    x := x + 1;
    y := x / 0;
EXCEPTION
    WHEN division_by_zero THEN
```

```
        RAISE NOTICE 'перехватили ошибку division_by_zero';
        RETURN x;
END;
```

При присваивании значения переменной `y` произойдёт ошибка `division_by_zero`. Она будет перехвачена в секции `EXCEPTION`. Оператор `RETURN` вернёт значение `x`, увеличенное на единицу, но изменения сделанные командой `UPDATE` будут отменены. Изменения, выполненные командой `INSERT`, которая предшествует блоку, не будут отменены. В результате, база данных будет содержать `Tom Jones`, а не `Joe Jones`.

> ### Подсказка
>
> Наличие секции `EXCEPTION` значительно увеличивает накладные расходы на вход/выход из блока, поэтому не используйте `EXCEPTION` без надобности.

Пример 42.2. Обработка исключений для команд UPDATE/INSERT

В этом примере обработка исключений помогает выполнить либо команду `UPDATE`, либо `INSERT`, в зависимости от ситуации. Однако в современных приложениях вместо этого приёма рекомендуется использовать `INSERT` с `ON CONFLICT DO UPDATE`. Данный пример предназначен в первую очередь для демонстрации управления выполнением PL/pgSQL:

```
CREATE TABLE db (a INT PRIMARY KEY, b TEXT);

CREATE FUNCTION merge_db(key INT, data TEXT) RETURNS VOID AS
$$
BEGIN
    LOOP
        -- сначала попытаться изменить запись по ключу
        UPDATE db SET b = data WHERE a = key;
        IF found THEN
            RETURN;
        END IF;
        -- записи с таким ключом нет, поэтому её нужно добавить
        -- если параллельно будет вставлена запись с таким же ключом,
        -- произойдёт ошибка уникальности
        BEGIN
            INSERT INTO db(a,b) VALUES (key, data);
            RETURN;
        EXCEPTION WHEN unique_violation THEN
            -- здесь не нужно ничего делать,
            -- просто продолжить цикл, чтобы повторить UPDATE.
        END;
    END LOOP;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;

SELECT merge_db(1, 'david');
SELECT merge_db(1, 'dennis');
```

В этом коде предполагается, что ошибка `unique_violation` вызывается самой командой `INSERT`, а не, скажем, внутренним оператором `INSERT` в функции триггера для этой таблицы. Некорректное поведение также возможно, если в таблице будет несколько уникальных индексов; тогда операция будет повторяться вне зависимости от того, нарушение какого индекса вызвало ошибку. Используя средства, рассмотренные далее, можно сделать код более надёжным, проверяя, что перехвачена именно ожидаемая ошибка.

42.6.8.1. Получение информации об ошибке

При обработке исключений часто бывает необходимым получить детальную информацию о произошедшей ошибке. Для этого в PL/pgSQL есть два способа: использование специальных переменных и команда `GET STACKED DIAGNOSTICS`.

Внутри секции `EXCEPTION` специальная переменная `SQLSTATE` содержит код ошибки, для которой было вызвано исключение (список возможных кодов ошибок приведён в Таблице A.1). Специальная переменная `SQLERRM` содержит сообщение об ошибке, связанное с исключением. Эти переменные являются неопределёнными вне секции `EXCEPTION`.

Также в обработчике исключения можно получить информацию о текущем исключении командой `GET STACKED DIAGNOSTICS`, которая имеет вид:

```
GET STACKED DIAGNOSTICS переменная { = | := } элемент [ , ... ];
```

Каждый *элемент* представляется ключевым словом, указывающим, какое значение состояния нужно присвоить заданной *переменной* (она должна иметь подходящий тип данных, чтобы принять его). Доступные в настоящее время элементы состояния показаны в Таблице 42.2.

Таблица 42.2. Элементы диагностики ошибок

Имя	Тип	Описание
`RETURNED_SQLSTATE`	`text`	код исключения, возвращаемый SQLSTATE
`COLUMN_NAME`	`text`	имя столбца, относящегося к исключению
`CONSTRAINT_NAME`	`text`	имя ограничения целостности, относящегося к исключению
`PG_DATATYPE_NAME`	`text`	имя типа данных, относящегося к исключению
`MESSAGE_TEXT`	`text`	текст основного сообщения исключения
`TABLE_NAME`	`text`	имя таблицы, относящейся к исключению
`SCHEMA_NAME`	`text`	имя схемы, относящейся к исключению
`PG_EXCEPTION_DETAIL`	`text`	текст детального сообщения исключения (если есть)
`PG_EXCEPTION_HINT`	`text`	текст подсказки к исключению (если есть)
`PG_EXCEPTION_CONTEXT`	`text`	строки текста, описывающие стек вызовов в момент исключения (см. Подраздел 42.6.9)

Если исключение не устанавливает значение для идентификатора, то возвращается пустая строка.

Пример:

```
DECLARE
  text_var1 text;
  text_var2 text;
  text_var3 text;
BEGIN
  -- здесь происходит обработка, которая может вызвать исключение
  ...
EXCEPTION WHEN OTHERS THEN
  GET STACKED DIAGNOSTICS text_var1 = MESSAGE_TEXT,
```

```
                          text_var2 = PG_EXCEPTION_DETAIL,
                          text_var3 = PG_EXCEPTION_HINT;
END;
```

42.6.9. Получение информации о месте выполнения

Команда GET DIAGNOSTICS, ранее описанная в Подразделе 42.5.5, получает информацию о текущем состоянии выполнения кода (тогда как команда GET STACKED DIAGNOSTICS, рассмотренная ранее, выдаёт информацию о состоянии выполнения в момент предыдущей ошибки). Её элемент состояния PG_CONTEXT позволяет определить текущее место выполнения кода. PG_CONTEXT возвращает текст с несколькими строками, описывающий стек вызова. В первой строке отмечается текущая функция и выполняемая в данный момент команда GET DIAGNOSTICS, а во второй и последующих строках отмечаются функции выше по стеку вызовов. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION outer_func() RETURNS integer AS $$
BEGIN
  RETURN inner_func();
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE OR REPLACE FUNCTION inner_func() RETURNS integer AS $$
DECLARE
  stack text;
BEGIN
  GET DIAGNOSTICS stack = PG_CONTEXT;
  RAISE NOTICE E'--- Стек вызова ---\n%', stack;
  RETURN 1;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT outer_func();

NOTICE:  --- Стек вызова ---
PL/pgSQL function inner_func() line 5 at GET DIAGNOSTICS
PL/pgSQL function outer_func() line 3 at RETURN
CONTEXT:  PL/pgSQL function outer_func() line 3 at RETURN
 outer_func
------------
          1
(1 row)
```

GET STACKED DIAGNOSTICS ... PG_EXCEPTION_CONTEXT возвращает похожий стек вызовов, но описывает не текущее место, а место, в котором произошла ошибка.

42.7. Курсоры

Вместо того чтобы сразу выполнять весь запрос, есть возможность настроить курсор, инкапсулирующий запрос, и затем получать результат запроса по нескольку строк за раз. Одна из причин так делать заключается в том, чтобы избежать переполнения памяти, когда результат содержит большое количество строк. (Пользователям PL/pgSQL не нужно об этом беспокоиться, так как циклы FOR автоматически используют курсоры, чтобы избежать проблем с памятью.) Более интересным вариантом использования является возврат из функции ссылки на курсор, что позволяет вызывающему получать строки запроса. Это эффективный способ получать большие наборы строк из функций.

42.7.1. Объявление курсорных переменных

Доступ к курсорам в PL/pgSQL осуществляется через курсорные переменные, которые всегда имеют специальный тип данных refcursor. Один из способов создать курсорную переменную, просто объявить её как переменную типа `refcursor`. Другой способ заключается в использовании синтаксиса объявления курсора, который в общем виде выглядит так:

```
имя [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ ( аргументы ) ] FOR запрос;
```

(Для совместимости с Oracle, `FOR` можно заменять на `IS`.) С указанием `SCROLL` курсор можно будет прокручивать назад. При `NO SCROLL` прокрутка назад не разрешается. Если ничего не указано, то возможность прокрутки назад зависит от запроса. Если указаны *аргументы*, то они должны представлять собой пары *имя тип_данных*, разделённые через запятую. Эти пары определяют имена, которые будут заменены значениями параметров в данном запросе. Фактические значения для замены этих имён появятся позже, при открытии курсора.

Примеры:

```
DECLARE
    curs1 refcursor;
    curs2 CURSOR FOR SELECT * FROM tenk1;
    curs3 CURSOR (key integer) FOR SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = key;
```

Все три переменные имеют тип данных `refcursor`. Первая может быть использована с любым запросом, вторая связана (`bound`) с полностью сформированным запросом, а последняя связана с параметризованным запросом. (`key` будет заменён целочисленным значением параметра при открытии курсора.) Про переменную `curs1` говорят, что она является несвязанной (`unbound`), так как к ней не привязан никакой запрос.

Параметр `SCROLL` нельзя использовать, если в запросе курсора используется `FOR UPDATE/SHARE`. Кроме того, с запросом, включающим изменчивые функции, лучше всего использовать `NO SCROLL`. Реализация `SCROLL` предполагает, что повторное чтение вывода запроса даст согласованные результаты, чего нельзя гарантировать при использовании изменчивой функции.

42.7.2. Открытие курсора

Прежде чем получать строки из курсора, его нужно открыть. (Это эквивалентно действию SQL-команды `DECLARE CURSOR`.) В PL/pgSQL есть три формы оператора `OPEN`, две из которых используются для несвязанных курсорных переменных, а третья для связанных.

> **Примечание**
>
> Связанные курсорные переменные можно использовать с циклом `FOR` без явного открытия курсора, как описано в Подразделе 42.7.4.

42.7.2.1. OPEN FOR *query*

```
OPEN несвязанная_переменная_курсора [[NO] SCROLL] FOR query;
```

Курсорная переменная открывается и получает конкретный запрос для выполнения. Курсор не может уже быть открытым, а курсорная переменная обязана быть несвязанной (то есть просто переменной типа `refcursor`). Запрос должен быть командой `SELECT` или любой другой, которая возвращает строки (к примеру `EXPLAIN`). Запрос обрабатывается так же, как и другие команды SQL в PL/pgSQL: имена переменных PL/pgSQL заменяются на значения, план запроса кешируется для повторного использования. Подстановка значений переменных PL/pgSQL проводится при открытии курсора командой `OPEN`, последующие изменения значений переменных не влияют на работу курсора. `SCROLL` и `NO SCROLL` имеют тот же смысл, что и для связанного курсора.

Пример:

```
OPEN curs1 FOR SELECT * FROM foo WHERE key = mykey;
```

42.7.2.2. OPEN FOR EXECUTE

```
OPEN несвязанная_переменная_курсора [[NO] SCROLL] FOR EXECUTE строка_запроса
```

```
                                  [USING выражение [, ...]];
```

Переменная курсора открывается и получает конкретный запрос для выполнения. Курсор не может быть уже открыт и он должен быть объявлен как несвязанная переменная курсора (то есть, как просто переменная `refcursor`). Запрос задаётся строковым выражением, так же, как в команде `EXECUTE`. Как обычно, это даёт возможность гибко менять план запроса от раза к разу (см. Подраздел 42.11.2). Это также означает, что замена переменных происходит не в самой строке команды. Как и с `EXECUTE`, значения параметров вставляются в динамическую команду, используя `format()` и `USING`. Параметры `SCROLL` и `NO SCROLL` здесь действуют так же, как и со связанным курсором.

Пример:

```
OPEN curs1 FOR EXECUTE format('SELECT * FROM %I WHERE col1 = $1',tabname) USING
 keyvalue;
```

В этом примере в текст запроса вставляется имя таблицы с применением `format()`. Значение, сравниваемое с `col1`, вставляется посредством параметра `USING`, так что заключать его в апострофы не нужно.

42.7.2.3. Открытие связанного курсора

```
OPEN связанная_переменная_курсора [( [имя_аргумента :=] значение_аргумента [, ...] )];
```

Эта форма `OPEN` используется для открытия курсорной переменной, которая была связана с запросом при объявлении. Курсор не может уже быть открытым. Список фактических значений аргументов должен присутствовать только в том случае, если курсор объявлялся с параметрами. Эти значения будут подставлены в запрос.

План запроса для связанного курсора всегда считается кешируемым. В этом случае нет эквивалента `EXECUTE`. Обратите внимание, что `SCROLL` и `NO SCROLL` не могут быть указаны в этой форме `OPEN`, возможность прокрутки назад была определена при объявлении курсора.

При передаче значений аргументов можно использовать позиционную или именную нотацию. В позиционной нотации все аргументы указываются по порядку. В именной нотации имя каждого аргумента отделяется от выражения аргумента с помощью `:=`. Это подобно вызову функций, описанному в Разделе 4.3. Также разрешается смешивать позиционную и именную нотации.

Примеры (здесь используются ранее объявленные курсоры):

```
OPEN curs2;
OPEN curs3(42);
OPEN curs3(key := 42);
```

Так как для связанного курсора выполняется подстановка значений переменных, то, на самом деле, существует два способа передать значения в курсор. Либо использовать явные аргументы в `OPEN`, либо неявно, ссылаясь на переменные PL/pgSQL в запросе. В связанном курсоре можно ссылаться только на те переменные, которые были объявлены до самого курсора. В любом случае значение переменной для подстановки в запрос будет определяться на момент выполнения `OPEN`. Вот ещё один способ получить тот же результат с `curs3`, как в примере выше:

```
DECLARE
    key integer;
    curs4 CURSOR FOR SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = key;
BEGIN
    key := 42;
    OPEN curs4;
```

42.7.3. Использование курсоров

После того как курсор будет открыт, с ним можно работать при помощи описанных здесь операторов.

Работать с курсором необязательно в той же функции, где он был открыт. Из функции можно вернуть значение с типом `refcursor`, что позволит вызывающему продолжить работу с курсором. (Внутри `refcursor` представляет собой обычное строковое имя так называемого портала, содержащего активный запрос курсора. Это имя можно передавать, присваивать другим переменным с типом `refcursor` и так далее, при этом портал не нарушается.)

Все порталы неявно закрываются в конце транзакции, поэтому значение `refcursor` можно использовать для ссылки на открытый курсор только до конца транзакции.

42.7.3.1. FETCH

```
FETCH [направление { FROM | IN }] курсор INTO цель;
```

`FETCH` извлекает следующую строку (в указанном направлении) из курсора в *цель*. В качестве *цели* может быть переменная-кортеж, переменная типа `record` или разделённый запятыми список простых переменных, как и в `SELECT INTO`. Если подходящей строки нет, *цели* присваивается NULL. Как и в `SELECT INTO`, проверить, была ли получена запись, можно при помощи специальной переменной `FOUND`. Если строка не найдена, курсор устанавливается после последней строки или перед первой строкой в зависимости от направления движения.

Здесь *направление* может быть любым допустимым в SQL-команде FETCH вариантом, кроме тех, что извлекают более одной строки. А именно: `NEXT`, `PRIOR`, `FIRST`, `LAST`, `ABSOLUTE` *число*, `RELATIVE` *число*, `FORWARD` или `BACKWARD`. Без указания *направления* подразумевается вариант `NEXT`. Везде, где используется *число*, оно может определяться любым целочисленным выражением (в отличие от SQL-команды `FETCH`, допускающей только целочисленные константы). Значения *направления*, которые требуют перемещения назад, приведут к ошибке, если курсор не был объявлен или открыт с указанием `SCROLL`.

курсор это переменная с типом `refcursor`, которая ссылается на открытый портал курсора.

Примеры:

```
FETCH curs1 INTO rowvar;
FETCH curs2 INTO foo, bar, baz;
FETCH LAST FROM curs3 INTO x, y;
FETCH RELATIVE -2 FROM curs4 INTO x;
```

42.7.3.2. MOVE

```
MOVE [направление { FROM | IN }] курсор;
```

`MOVE` перемещает курсор без извлечения данных. `MOVE` работает точно так же как и `FETCH`, но при этом только перемещает курсор и не извлекает строку, к которой он переместился. Для *направления* можно использовать любой вариант, разрешённый в SQL-команде FETCH, включая извлекающие более одной строки. Курсор будет перемещён на последнюю такую строку. (Однако вариант, в котором *направление* является выражением *числа* без ключевого слова, устарел в PL/pgSQL. Этот синтаксис неоднозначен в случаях, когда *направление* опущено, поэтому может завершаться ошибкой, если *число* не является константой.) Как и в `SELECT INTO`, проверить, была ли обнаружена строка для перемещения, можно при помощи специальной переменной `FOUND`. Если строка не найдена, курсор устанавливается после последней строки или перед первой строкой в зависимости от направления движения.

Примеры:

```
MOVE curs1;
MOVE LAST FROM curs3;
MOVE RELATIVE -2 FROM curs4;
MOVE FORWARD 2 FROM curs4;
```

42.7.3.3. UPDATE/DELETE WHERE CURRENT OF

```
UPDATE таблица SET ... WHERE CURRENT OF курсор;
```

```
DELETE FROM таблица WHERE CURRENT OF курсор;
```

Когда курсор позиционирован на строку таблицы, эту строку можно изменить или удалить при помощи курсора. Есть ограничения на то, каким может быть запрос курсора (в частности, не должно быть группировок), и крайне желательно использовать указание `FOR UPDATE`. За дополнительными сведениями обратитесь к странице справки DECLARE.

Пример:

```
UPDATE foo SET dataval = myval WHERE CURRENT OF curs1;
```

42.7.3.4. `CLOSE`

```
CLOSE курсор;
```

`CLOSE` закрывает связанный с курсором портал. Используется для того, чтобы освободить ресурсы раньше, чем закончится транзакция, или чтобы освободить курсорную переменную для повторного открытия.

Пример:

```
CLOSE curs1;
```

42.7.3.5. Возврат курсора из функции

Курсоры можно возвращать из функции на PL/pgSQL. Это полезно, когда нужно вернуть множество строк и столбцов, особенно если выборки очень большие. Для этого, в функции открывается курсор и его имя возвращается вызывающему (или просто открывается курсор, используя указанное имя портала, каким-либо образом известное вызывающему). Вызывающий затем может извлекать строки из курсора. Курсор может быть закрыт вызывающим или он будет автоматически закрыт при завершении транзакции.

Имя портала, используемое для курсора, может быть указано разработчиком или будет генерироваться автоматически. Чтобы указать имя портала, нужно просто присвоить строку в переменную `refcursor` перед его открытием. Значение строки переменной `refcursor` будет использоваться командой `OPEN` как имя портала. Однако если переменная `refcursor` имеет значение NULL, `OPEN` автоматически генерирует имя, которое не конфликтует с любым существующим порталом и присваивает его переменной `refcursor`.

> **Примечание**
>
> Связанная курсорная переменная инициализируется в строковое значение, представляющее собой имя самой переменной. Таким образом, имя портала совпадает с именем курсорной переменной, кроме случаев, когда разработчик переопределил имя, присвоив новое значение перед открытием курсора. Несвязанная курсорная переменная инициализируется в NULL и получит автоматически сгенерированное уникальное имя, если не будет переопределена.

Следующий пример показывает один из способов передачи имени курсора вызывающему:

```
CREATE TABLE test (col text);
INSERT INTO test VALUES ('123');

CREATE FUNCTION reffunc(refcursor) RETURNS refcursor AS '
BEGIN
    OPEN $1 FOR SELECT col FROM test;
    RETURN $1;
END;
' LANGUAGE plpgsql;
```

```
BEGIN;
SELECT reffunc('funccursor');
FETCH ALL IN funccursor;
COMMIT;
```

В следующем примере используется автоматическая генерация имени курсора:

```
CREATE FUNCTION reffunc2() RETURNS refcursor AS '
DECLARE
    ref refcursor;
BEGIN
    OPEN ref FOR SELECT col FROM test;
    RETURN ref;
END;
' LANGUAGE plpgsql;

-- для использования курсоров, необходимо начать транзакцию
BEGIN;
SELECT reffunc2();

      reffunc2
--------------------
 <unnamed cursor 1>
(1 row)

FETCH ALL IN "<unnamed cursor 1>";
COMMIT;
```

В следующем примере показан один из способов вернуть несколько курсоров из одной функции:

```
CREATE FUNCTION myfunc(refcursor, refcursor) RETURNS SETOF refcursor AS $$
BEGIN
    OPEN $1 FOR SELECT * FROM table_1;
    RETURN NEXT $1;
    OPEN $2 FOR SELECT * FROM table_2;
    RETURN NEXT $2;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

-- для использования курсоров необходимо начать транзакцию
BEGIN;

SELECT * FROM myfunc('a', 'b');

FETCH ALL FROM a;
FETCH ALL FROM b;
COMMIT;
```

42.7.4. Обработка курсора в цикле

Один из вариантов цикла `FOR` позволяет перебирать строки, возвращённые курсором. Вот его синтаксис:

```
[ <<метка>> ]
FOR переменная-запись IN связанная_переменная_курсора [ ( [ имя_аргумента
 := ] значение_аргумента [, ...] ) ] LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Курсорная переменная должна быть связана с запросом при объявлении. Курсор *не может* быть открытым. Команда `FOR` автоматически открывает курсор и автоматически закрывает при завершении цикла. Список фактических значений аргументов должен присутствовать только в том случае, если курсор объявлялся с параметрами. Эти значения будут подставлены в запрос, как и при выполнении `OPEN` (см. Подраздел 42.7.2.3).

Данная *переменная-запись* автоматически определяется как переменная типа `record` и существует только внутри цикла (другие объявленные переменные с таким именем игнорируется в цикле). Каждая возвращаемая курсором строка последовательно присваивается этой переменной и выполняется тело цикла.

42.8. Управление транзакциями

В процедурах, вызываемых командой `CALL`, а также в анонимных блоках кода (в команде `DO`) можно завершать транзакции, выполняя `COMMIT` и `ROLLBACK`. После завершения транзакции этими командами новая будет начата автоматически, поэтому отдельной команды `START TRANSACTION` нет. (Заметьте, что команды `BEGIN` и `END` в PL/pgSQL имеют другой смысл.)

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plpgsql
AS $$
BEGIN
    FOR i IN 0..9 LOOP
        INSERT INTO test1 (a) VALUES (i);
        IF i % 2 = 0 THEN
            COMMIT;
        ELSE
            ROLLBACK;
        END IF;
    END LOOP;
END;
$$;

CALL transaction_test1();
```

Новая транзакция начинается с теми характеристиками, в частности, уровнем изоляции, которые установлены для транзакций по умолчанию. В случаях, когда транзакции фиксируются в цикле, может быть удобнее автоматически начинать следующую транзакцию с теми же характеристиками, что имеет предыдущая. Это позволяют реализовать команды `COMMIT AND CHAIN` и `ROLLBACK AND CHAIN`.

Управление транзакциями возможно только в вызовах `CALL` или `DO` в коде верхнего уровня или во вложенных `CALL` или `DO` без других промежуточных команд. Например, в стеке вызовов `CALL proc1()` → `CALL proc2()` → `CALL proc3()` вторая и третья процедуры могут управлять транзакциями. Но в стеке `CALL proc1()` → `SELECT func2()` → `CALL proc3()` последняя процедура лишена этой возможности из-за промежуточного `SELECT`.

Циклам с курсорами присущи некоторые особенности. Рассмотрите этот пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test2()
LANGUAGE plpgsql
AS $$
DECLARE
    r RECORD;
BEGIN
    FOR r IN SELECT * FROM test2 ORDER BY x LOOP
        INSERT INTO test1 (a) VALUES (r.x);
        COMMIT;
    END LOOP;
```

```
END;
$$;

CALL transaction_test2();
```

Обычно курсоры автоматически закрываются при фиксировании транзакции. Однако курсор, создаваемый внутри цикла подобным образом, автоматически преобразуется в удерживаемый курсор первой командой `COMMIT` или `ROLLBACK`. Это означает, что курсор полностью вычисляется при выполнении первой команды `COMMIT` или `ROLLBACK`, а не для каждой очередной строки. При этом он автоматически удаляется после цикла, так что это происходит практически незаметно для пользователя.

Команды управления транзакциями не допускаются в циклах с курсором, которыми управляют запросы, производящие не только чтение, но и модификацию данных (например, `UPDATE ... RETURNING`).

Транзакция не может завершаться внутри блока с обработчиками исключений.

42.9. Сообщения и ошибки

42.9.1. Вывод сообщений и ошибок

Команда `RAISE` предназначена для вывода сообщений и вызова ошибок.

```
RAISE [ уровень ] 'формат' [, выражение [, ... ]] [ USING параметр = значение
 [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] имя_условия [ USING параметр = выражение [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] SQLSTATE 'sqlstate' [ USING параметр = выражение [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] USING параметр = выражение [, ... ];
RAISE ;
```

уровень задаёт уровень важности ошибки. Возможные значения: `DEBUG`, `LOG`, `INFO`, `NOTICE`, `WARNING` и `EXCEPTION`. По умолчанию используется `EXCEPTION`. `EXCEPTION` вызывает ошибку (что обычно прерывает текущую транзакцию), остальные значения *уровня* только генерируют сообщения с различными уровнями приоритета. Будут ли сообщения конкретного приоритета переданы клиенту или записаны в журнал сервера, или и то, и другое, зависит от конфигурационных переменных log_min_messages и client_min_messages. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

После указания *уровня*, если оно есть, можно задать строку *формата* (это должна быть простая строковая константа, не выражение). Строка формата определяет вид текста об ошибке, который будет выдан. За строкой формата могут следовать необязательные выражения аргументов, которые будут вставлены в сообщение. Внутри строки формата знак `%` заменяется строковым представлением значения очередного аргумента. Чтобы выдать символ `%` буквально, продублируйте его (как `%%`). Число аргументов должно совпадать с числом местозаполнителей `%` в строке формата, иначе при компиляции функции возникнет ошибка.

В следующем примере символ `%` будет заменён на значение `v_job_id`:

```
RAISE NOTICE 'Вызов функции cs_create_job(%)', v_job_id;
```

При помощи `USING` и последующих элементов *параметр* = *выражение* можно добавить дополнительную информацию к отчёту об ошибке. Все *выражения* представляют собой строковые выражения. Возможные ключевые слова для *параметра* следующие:

`MESSAGE`

: Устанавливает текст сообщения об ошибке. Этот параметр не может использоваться, если в команде `RAISE` присутствует *формат* перед `USING`.

`DETAIL`

: Предоставляет детальное сообщение об ошибке.

`HINT`

Предоставляет подсказку по вызванной ошибке.

`ERRCODE`

Устанавливает код ошибки (`SQLSTATE`). Код ошибки задаётся либо по имени, как показано в Приложении A, или напрямую, пятисимвольный код `SQLSTATE`.

`COLUMN`
`CONSTRAINT`
`DATATYPE`
`TABLE`
`SCHEMA`

Предоставляет имя соответствующего объекта, связанного с ошибкой.

Этот пример прерывает транзакцию и устанавливает сообщение об ошибке с подсказкой:

```
RAISE EXCEPTION 'Несуществующий ID --> %', user_id
      USING HINT = 'Проверьте ваш пользовательский ID';
```

Следующие два примера демонстрируют эквивалентные способы задания `SQLSTATE`:

```
RAISE 'Duplicate user ID: %', user_id USING ERRCODE = 'unique_violation';
RAISE 'Duplicate user ID: %', user_id USING ERRCODE = '23505';
```

У команды `RAISE` есть и другой синтаксис, в котором в качестве главного аргумента используется имя или код `SQLSTATE` ошибки. Например:

```
RAISE division_by_zero;
RAISE SQLSTATE '22012';
```

Предложение `USING` в этом синтаксисе можно использовать для того, чтобы переопределить стандартное сообщение об ошибке, детальное сообщение, подсказку. Ещё один вариант предыдущего примера:

```
RAISE unique_violation USING MESSAGE = 'ID пользователя уже существует: ' || user_id;
```

Ещё один вариант — использовать `RAISE USING` или `RAISE` *`уровень`* `USING`, а всё остальное записать в списке `USING`.

И заключительный вариант, в котором `RAISE` не имеет параметров вообще. Эта форма может использоваться только в секции `EXCEPTION` блока и предназначена для того, чтобы повторно вызвать ошибку, которая сейчас перехвачена и обрабатывается.

Примечание

До версии PostgreSQL 9.1 команда `RAISE` без параметров всегда вызывала ошибку с выходом из блока, содержащего активную секцию `EXCEPTION`. Эту ошибку нельзя было перехватить, даже если `RAISE` в секции `EXCEPTION` поместить во вложенный блок со своей секцией `EXCEPTION`. Это было сочтено удивительным и не совместимым с Oracle PL/SQL.

Если в команде `RAISE EXCEPTION` не задано ни имя, ни код `SQLSTATE`, по умолчанию выдаётся `raise_exception` (`P0001`). Если не задан текст сообщения, по умолчанию в качестве этого текста передаётся имя условия или код SQLSTATE.

Примечание

При задании `SQLSTATE` кода необязательно использовать только список предопределённых кодов ошибок. В качестве кода ошибки может быть любое пятисимвольное значение, состоящее из цифр и/или ASCII символов в верхнем регистре, кроме `00000`. Не рекомендуется использовать коды ошибок, которые заканчиваются на `000`, потому что так обозначаются коды категорий. И чтобы их перехватить, нужно перехватывать целую категорию.

42.9.2. Проверка утверждений

Оператор `ASSERT` представляет удобное средство вставлять отладочные проверки в функции PL/pgSQL.

```
ASSERT условие [ , сообщение ];
```

Здесь *условие* — это логическое выражение, которое, как ожидается, должно быть всегда истинным; если это так, оператор `ASSERT` больше ничего не делает. Если же оно возвращает ложь или NULL, этот оператор выдаёт исключение `ASSERT_FAILURE`. (Если ошибка происходит при вычислении *условия*, она выдаётся как обычная ошибка.)

Если в нём задаётся необязательное *сообщение*, результат этого выражения (если он не NULL) заменяет сообщение об ошибке по умолчанию «assertion failed» (нарушение истинности), в случае, если *условие* не выполняется. В обычном случае, когда условие утверждения выполняется, выражение *сообщения* не вычисляется.

Проверку утверждений можно включить или отключить с помощью конфигурационного параметра `plpgsql.check_asserts`, принимающего логическое значение; по умолчанию она включена (`on`). Если этот параметр отключён (`off`), операторы `ASSERT` ничего не делают.

Учтите, что оператор `ASSERT` предназначен для выявления программных дефектов, а не для вывода обычных ошибок (для этого используется оператор `RAISE`, описанный выше).

42.10. Триггерные функции

В PL/pgSQL можно создавать триггерные функции, которые будут вызываться при изменениях данных или событиях в базе данных. Триггерная функция создаётся командой `CREATE FUNCTION`, при этом у функции не должно быть аргументов, а типом возвращаемого значения должен быть `trigger` (для триггеров, срабатывающих при изменениях данных) или `event_trigger` (для триггеров, срабатывающих при событиях в базе). Для триггеров автоматически определяются специальные локальные переменные с именами вида `TG_`*имя*, описывающие условие, повлёкшее вызов триггера.

42.10.1. Триггеры при изменении данных

Триггер при изменении данных объявляется как функция без аргументов и с типом результата `trigger`. Заметьте, что эта функция должна объявляться без аргументов, даже если ожидается, что она будет получать аргументы, заданные в команде `CREATE TRIGGER` — такие аргументы передаются через `TG_ARGV`, как описано ниже.

Когда функция на PL/pgSQL срабатывает как триггер, в блоке верхнего уровня автоматически создаются несколько специальных переменных:

`NEW`

Тип данных `RECORD`. Переменная содержит новую строку базы данных для команд `INSERT`/`UPDATE` в триггерах уровня строки. В триггерах уровня оператора и для команды `DELETE` эта переменная имеет значение null.

`OLD`

Тип данных `RECORD`. Переменная содержит старую строку базы данных для команд `UPDATE`/`DELETE` в триггерах уровня строки. В триггерах уровня оператора и для команды `INSERT` эта переменная имеет значение null.

TG_NAME

Тип данных name. Переменная содержит имя сработавшего триггера.

TG_WHEN

Тип данных text. Строка, содержащая BEFORE, AFTER или INSTEAD OF, в зависимости от определения триггера.

TG_LEVEL

Тип данных text. Строка, содержащая ROW или STATEMENT, в зависимости от определения триггера.

TG_OP

Тип данных text. Строка, содержащая INSERT, UPDATE, DELETE или TRUNCATE, в зависимости от того, для какой операции сработал триггер.

TG_RELID

Тип данных oid. OID таблицы, для которой сработал триггер.

TG_RELNAME

Тип данных name. Имя таблицы, для которой сработал триггер. Эта переменная устарела и может стать недоступной в будущих релизах. Вместо неё нужно использовать TG_TABLE_NAME.

TG_TABLE_NAME

Тип данных name. Имя таблицы, для которой сработал триггер.

TG_TABLE_SCHEMA

Тип данных name. Имя схемы, содержащей таблицу, для которой сработал триггер.

TG_NARGS

Тип данных integer. Число аргументов в команде CREATE TRIGGER, которые передаются в триггерную функцию.

TG_ARGV[]

Тип данных массив text. Аргументы от оператора CREATE TRIGGER. Индекс массива начинается с 0. Для недопустимых значений индекса (< 0 или >= tg_nargs) возвращается NULL.

Триггерная функция должна вернуть либо NULL, либо запись/строку, соответствующую структуре таблице, для которой сработал триггер.

Если BEFORE триггер уровня строки возвращает NULL, то все дальнейшие действия с этой строкой прекращаются (т. е. не срабатывают последующие триггеры, команда INSERT/UPDATE/DELETE для этой строки не выполняется). Если возвращается не NULL, то дальнейшая обработка продолжается именно с этой строкой. Возвращение строки отличной от начальной NEW, изменяет строку, которая будет вставлена или изменена. Поэтому, если в триггерной функции нужно выполнить некоторые действия и не менять саму строку, то нужно возвратить переменную NEW (или её эквивалент). Для того чтобы изменить сохраняемую строку, можно поменять отдельные значения в переменной NEW и затем её вернуть. Либо создать и вернуть полностью новую переменную. В случае строчного триггера BEFORE для команды DELETE само возвращаемое значение не имеет прямого эффекта, но оно должно быть отличным от NULL, чтобы не прерывать обработку строки. Обратите внимание, что переменная NEW всегда NULL в триггерах на DELETE, поэтому возвращать её не имеет смысла. Традиционной идиомой для триггеров DELETE является возврат переменной OLD.

Триггеры `INSTEAD OF` (это всегда триггеры уровня строк и они могут применяться только с представлениями) могут возвращать NULL, чтобы показать, что они не выполняли никаких изменений, так что обработку этой строки можно не продолжать (то есть, не вызывать последующие триггеры и не считать строку в числе обработанных строк для окружающих команд `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`). В противном случае должно быть возвращено значение, отличное от NULL, показывающее, что триггер выполнил запрошенную операцию. Для операций `INSERT` и `UPDATE` возвращаемым значением должно быть `NEW`, которое триггерная функция может модифицировать для поддержки предложений `INSERT RETURNING` и `UPDATE RETURNING` (это также повлияет на значение строки, передаваемое последующим триггерам, или доступное под специальным псевдонимом `EXCLUDED` в операторе `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`). Для операций `DELETE` возвращаемым значением должно быть `OLD`.

Возвращаемое значение для строчного триггера AFTER и триггеров уровня оператора (BEFORE или AFTER) всегда игнорируется. Это может быть и NULL. Однако в этих триггерах по-прежнему можно прервать вызвавшую их команду, для этого нужно явно вызвать ошибку.

Пример 42.3 показывает пример триггерной функции в PL/pgSQL.

Пример 42.3. Триггерная функция на PL/pgSQL

Триггер, показанный в этом примере, при любом добавлении или изменении строки в таблице сохраняет в этой строке информацию о текущем пользователе и отметку времени. Кроме того, он требует, чтобы было указано имя сотрудника и зарплата задавалась положительным числом.

```
CREATE TABLE emp (
    empname text,
    salary integer,
    last_date timestamp,
    last_user text
);

CREATE FUNCTION emp_stamp() RETURNS trigger AS $emp_stamp$
    BEGIN
        -- Проверить, что указаны имя сотрудника и зарплата
        IF NEW.empname IS NULL THEN
            RAISE EXCEPTION 'empname cannot be null';
        END IF;
        IF NEW.salary IS NULL THEN
            RAISE EXCEPTION '% cannot have null salary', NEW.empname;
        END IF;

        -- Кто будет работать, если за это надо будет платить?
        IF NEW.salary < 0 THEN
            RAISE EXCEPTION '% cannot have a negative salary', NEW.empname;
        END IF;

        -- Запомнить, кто и когда изменил запись
        NEW.last_date := current_timestamp;
        NEW.last_user := current_user;
        RETURN NEW;
    END;
$emp_stamp$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_stamp BEFORE INSERT OR UPDATE ON emp
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION emp_stamp();
```

Другой вариант ведения журнала изменений для таблицы предполагает создание новой таблицы, которая будет содержать отдельную запись для каждой выполненной команды INSERT, UPDATE, DELETE. Этот подход можно рассматривать как протоколирование изменений таблицы для аудита. Пример 42.4 показывает реализацию соответствующей триггерной функции в PL/pgSQL.

Пример 42.4. Триггерная функция для аудита в PL/pgSQL

Показанный в этом примере триггер гарантирует, что любое добавление, изменение или удаление строки в таблице emp будет зафиксировано в таблице emp_audit (для аудита). Также он фиксирует текущее время, имя пользователя и тип выполняемой операции.

```
CREATE TABLE emp (
    empname           text NOT NULL,
    salary            integer
);

CREATE TABLE emp_audit(
    operation         char(1)   NOT NULL,
    stamp             timestamp NOT NULL,
    userid            text      NOT NULL,
    empname           text      NOT NULL,
    salary integer
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION process_emp_audit() RETURNS TRIGGER AS $emp_audit$
    BEGIN
        --
        -- Добавление строки в emp_audit, которая отражает операцию, выполняемую в emp,
        -- для определения типа операции применяется специальная переменная TG_OP.
        --
        IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
            INSERT INTO emp_audit SELECT 'D', now(), current_user, OLD.*;
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
            INSERT INTO emp_audit SELECT 'U', now(), current_user, NEW.*;
        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
            INSERT INTO emp_audit SELECT 'I', now(), current_user, NEW.*;
        END IF;
        RETURN NULL; -- возвращаемое значение для триггера AFTER игнорируется
    END;
$emp_audit$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit
AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON emp
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
```

У предыдущего примера есть разновидность, которая использует представление, соединяющее основную таблицу и таблицу аудита, для отображения даты последнего изменения каждой строки. При этом подходе по-прежнему ведётся полный журнал аудита в отдельной таблице, но также имеется представление с упрощенным аудиторским следом. Это представление содержит временную метку, которая вычисляется для каждой строки из данных аудиторской таблицы. Пример 42.5 показывает пример триггера на представление для аудита в PL/pgSQL.

Пример 42.5. Триггерная функция на PL/pgSQL для аудита в представлении

В этом примере триггер, связанный с представлением, делает это представление изменяемым и гарантирует, что любая команда на добавление, изменение или удаление строки в представлении будет записана для аудита в таблицу emp_audit. Также записываются временная метка, имя пользователя и тип выполняемой операции. Представление показывает дату последнего изменения для каждой строки.

```
CREATE TABLE emp (
    empname           text PRIMARY KEY,
    salary            integer
```

```
);

CREATE TABLE emp_audit(
    operation         char(1)   NOT NULL,
    userid            text      NOT NULL,
    empname           text      NOT NULL,
    salary            integer,
    stamp             timestamp NOT NULL
);

CREATE VIEW emp_view AS
    SELECT e.empname,
           e.salary,
           max(ea.stamp) AS last_updated
      FROM emp e
      LEFT JOIN emp_audit ea ON ea.empname = e.empname
     GROUP BY 1, 2;

CREATE OR REPLACE FUNCTION update_emp_view() RETURNS TRIGGER AS $$
    BEGIN
        --
        -- Выполнить требуемую операцию в emp и добавить в emp_audit строку,
        -- отражающую эту операцию.
        --
        IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
            DELETE FROM emp WHERE empname = OLD.empname;
            IF NOT FOUND THEN RETURN NULL; END IF;

            OLD.last_updated = now();
            INSERT INTO emp_audit VALUES('D', current_user, OLD.*);
            RETURN OLD;
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
            UPDATE emp SET salary = NEW.salary WHERE empname = OLD.empname;
            IF NOT FOUND THEN RETURN NULL; END IF;

            NEW.last_updated = now();
            INSERT INTO emp_audit VALUES('U', current_user, NEW.*);
            RETURN NEW;
        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
            INSERT INTO emp VALUES(NEW.empname, NEW.salary);

            NEW.last_updated = now();
            INSERT INTO emp_audit VALUES('I', current_user, NEW.*);
            RETURN NEW;
        END IF;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit
INSTEAD OF INSERT OR UPDATE OR DELETE ON emp_view
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION update_emp_view();
```

Один из вариантов использования триггеров это поддержание в актуальном состоянии отдельной таблицы итогов для некоторой таблицы. В некоторых случаях отдельная таблица с итогами может использоваться в запросах вместо основной таблицы. При этом зачастую время выполнения запросов значительно сокращается. Эта техника широко используется в хранилищах данных, где таблицы фактов могут быть очень большими. Пример 42.6 демонстрирует триггерную функцию на PL/pgSQL, которая поддерживает таблицу итогов для таблицы фактов в хранилище данных.

Пример 42.6. Триггерная функция на PL/pgSQL для ведения таблицы итогов

Представленная здесь схема данных частично основана на примере *Grocery Store* из книги *The Data Warehouse Toolkit* Ральфа Кимбалла (Ralph Kimball).

```
--
-- Основные таблицы: таблица временных периодов и таблица фактов продаж
--
CREATE TABLE time_dimension (
    time_key                    integer NOT NULL,
    day_of_week                 integer NOT NULL,
    day_of_month                integer NOT NULL,
    month                       integer NOT NULL,
    quarter                     integer NOT NULL,
    year                        integer NOT NULL
);
CREATE UNIQUE INDEX time_dimension_key ON time_dimension(time_key);

CREATE TABLE sales_fact (
    time_key                    integer NOT NULL,
    product_key                 integer NOT NULL,
    store_key                   integer NOT NULL,
    amount_sold                 numeric(12,2) NOT NULL,
    units_sold                  integer NOT NULL,
    amount_cost                 numeric(12,2) NOT NULL
);
CREATE INDEX sales_fact_time ON sales_fact(time_key);

--
-- Таблица с итогами продаж по периодам
--
CREATE TABLE sales_summary_bytime (
    time_key                    integer NOT NULL,
    amount_sold                 numeric(15,2) NOT NULL,
    units_sold                  numeric(12) NOT NULL,
    amount_cost                 numeric(15,2) NOT NULL
);
CREATE UNIQUE INDEX sales_summary_bytime_key ON sales_summary_bytime(time_key);

--
-- Функция и триггер для пересчёта столбцов итогов при выполнении
-- команд INSERT, UPDATE, DELETE
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION maint_sales_summary_bytime() RETURNS TRIGGER
AS $maint_sales_summary_bytime$
    DECLARE
        delta_time_key          integer;
        delta_amount_sold       numeric(15,2);
        delta_units_sold        numeric(12);
        delta_amount_cost       numeric(15,2);
    BEGIN

        -- Вычислить изменение количества/суммы.
        IF (TG_OP = 'DELETE') THEN

            delta_time_key = OLD.time_key;
            delta_amount_sold = -1 * OLD.amount_sold;
            delta_units_sold = -1 * OLD.units_sold;
            delta_amount_cost = -1 * OLD.amount_cost;
```

```
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN

            -- Запретить изменение time_key -
            -- (это ограничение не должно вызвать неудобств, так как
            -- в основном изменения будут выполняться по схеме DELETE + INSERT).
            IF ( OLD.time_key != NEW.time_key) THEN
                RAISE EXCEPTION 'Update of time_key : % -> % not allowed',
                                                      OLD.time_key, NEW.time_key;
            END IF;

            delta_time_key = OLD.time_key;
            delta_amount_sold = NEW.amount_sold - OLD.amount_sold;
            delta_units_sold = NEW.units_sold - OLD.units_sold;
            delta_amount_cost = NEW.amount_cost - OLD.amount_cost;

        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN

            delta_time_key = NEW.time_key;
            delta_amount_sold = NEW.amount_sold;
            delta_units_sold = NEW.units_sold;
            delta_amount_cost = NEW.amount_cost;

        END IF;


        -- Внести новые значения в существующую строку итогов или
        -- добавить новую.
        <<insert_update>>
        LOOP
            UPDATE sales_summary_bytime
                SET amount_sold = amount_sold + delta_amount_sold,
                    units_sold = units_sold + delta_units_sold,
                    amount_cost = amount_cost + delta_amount_cost
                WHERE time_key = delta_time_key;

            EXIT insert_update WHEN found;

            BEGIN
                INSERT INTO sales_summary_bytime (
                            time_key,
                            amount_sold,
                            units_sold,
                            amount_cost)
                    VALUES (
                            delta_time_key,
                            delta_amount_sold,
                            delta_units_sold,
                            delta_amount_cost
                           );

                EXIT insert_update;

            EXCEPTION
                WHEN UNIQUE_VIOLATION THEN
                    -- ничего не делать
            END;
        END LOOP insert_update;
```

```
        RETURN NULL;

    END;
$maint_sales_summary_bytime$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER maint_sales_summary_bytime
AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON sales_fact
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION maint_sales_summary_bytime();

INSERT INTO sales_fact VALUES(1,1,1,10,3,15);
INSERT INTO sales_fact VALUES(1,2,1,20,5,35);
INSERT INTO sales_fact VALUES(2,2,1,40,15,135);
INSERT INTO sales_fact VALUES(2,3,1,10,1,13);
SELECT * FROM sales_summary_bytime;
DELETE FROM sales_fact WHERE product_key = 1;
SELECT * FROM sales_summary_bytime;
UPDATE sales_fact SET units_sold = units_sold * 2;
SELECT * FROM sales_summary_bytime;
```

Триггеры `AFTER` также могут использовать *переходные таблицы* для просмотра всего набора строк, изменённых оператором, вызвавшим триггер. Команда `CREATE TRIGGER` назначает имена одной или обеим переходным таблицам, а затем функция может по этим именам обращаться к ним как к временным таблицам только для чтения. Это иллюстрирует Пример 42.7.

Пример 42.7. Организация аудита с переходными таблицами

В данном примере достигается тот же результат, что и в Пример 42.4, но вместо триггера, срабатывающего для каждой строки, в нём используется триггер, срабатывающий единожды для оператора и получающий нужные ему данные в переходной таблице. Это может быть гораздо быстрее, чем вариант с построчным триггером, когда целевой оператор изменяет сразу множество строк. Заметьте, что мы должны объявить отдельные триггеры для каждого вида события, так как предложения `REFERENCING` в каждом случае будут разными. Но это не мешает при желании использовать одну триггерную функцию. (На практике может быть лучше использовать три отдельные функции и не проверять `TG_OP` во время выполнения.)

```
CREATE TABLE emp (
    empname           text NOT NULL,
    salary            integer
);

CREATE TABLE emp_audit(
    operation         char(1)   NOT NULL,
    stamp             timestamp NOT NULL,
    userid            text      NOT NULL,
    empname           text      NOT NULL,
    salary integer
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION process_emp_audit() RETURNS TRIGGER AS $emp_audit$
    BEGIN
        --
        -- Добавление строк в emp_audit, которые отражают операции, выполняемые в emp,
        -- для определения типа операций применяется специальная переменная TG_OP.
        --
        IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
            INSERT INTO emp_audit
                SELECT 'D', now(), current_user, o.* FROM old_table o;
```

```
        ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
            INSERT INTO emp_audit
                SELECT 'U', now(), current_user, n.* FROM new_table n;
        ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
            INSERT INTO emp_audit
                SELECT 'I', now(), current_user, n.* FROM new_table n;
        END IF;
        RETURN NULL; -- возвращаемое значение для триггера AFTER игнорируется
    END;
$emp_audit$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit_ins
    AFTER INSERT ON emp
    REFERENCING NEW TABLE AS new_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
CREATE TRIGGER emp_audit_upd
    AFTER UPDATE ON emp
    REFERENCING OLD TABLE AS old_table NEW TABLE AS new_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
CREATE TRIGGER emp_audit_del
    AFTER DELETE ON emp
    REFERENCING OLD TABLE AS old_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
```

42.10.2. Триггеры событий

В PL/pgSQL можно создавать событийные триггеры. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая вызывается как событийный триггер, объявлялась без аргументов и типом возвращаемого значения был `event_trigger`.

Когда функция на PL/pgSQL вызывается как событийный триггер, в блоке верхнего уровня автоматически создаются несколько специальных переменных:

`TG_EVENT`

Тип данных `text`. Строка, содержащая событие, для которого сработал триггер.

`TG_TAG`

Тип данных `text`. Переменная, содержащая тег команды, для которой сработал триггер.

Пример 42.8 демонстрирует реализацию функции событийного триггера на PL/pgSQL.

Пример 42.8. Функция событийного триггера на PL/pgSQL

Триггер в этом примере просто выдаёт сообщение `NOTICE` каждый раз, когда выполняется поддерживаемая команда.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION snitch() RETURNS event_trigger AS $$
BEGIN
    RAISE NOTICE 'snitch: % %', tg_event, tg_tag;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE EVENT TRIGGER snitch ON ddl_command_start EXECUTE FUNCTION snitch();
```

42.11. PL/pgSQL изнутри

В этом разделе обсуждаются некоторые детали реализации, которые пользователям PL/pgSQL важно знать.

42.11.1. Подстановка переменных

SQL-операторы и выражения внутри функции на PL/pgSQL могут ссылаться на переменные и параметры этой функции. За кулисами PL/pgSQL заменяет параметры запросов для таких ссылок. Параметры будут заменены только в местах, где параметр или ссылка на столбец синтаксически допустимы. Как крайний случай, рассмотрим следующий пример плохого стиля программирования:

```
INSERT INTO foo (foo) VALUES (foo);
```

Первый раз `foo` появляется на том месте, где синтаксически должно быть имя таблицы, поэтому замены не будет, даже если функция имеет переменную `foo`. Второй раз `foo` встречается там, где должно быть имя столбца таблицы, поэтому замены не будет и здесь. Только третье вхождение `foo` является кандидатом на то, чтобы быть ссылкой на переменную функции.

> **Примечание**
>
> Версии PostgreSQL до 9.0 пытаются заменить переменную во всех трёх случаях, что приводит к синтаксической ошибке.

Если имена переменных синтаксически не отличаются от названий столбцов таблицы, то возможна двусмысленность и в ссылках на таблицы. Является ли данное имя ссылкой на столбец таблицы или ссылкой на переменную? Изменим предыдущий пример:

```
INSERT INTO dest (col) SELECT foo + bar FROM src;
```

Здесь `dest` и `src` должны быть именами таблиц, `col` должен быть столбцом `dest`. Однако `foo` и `bar` могут быть как переменными функции, так и столбцами `src`.

По умолчанию, PL/pgSQL выдаст ошибку, если имя в операторе SQL может относиться как к переменной, так и к столбцу таблицы. Ситуацию можно исправить переименованием переменной, переименованием столбца, точной квалификацией неоднозначной ссылки или указанием PL/pgSQL машине, какую интерпретацию предпочесть.

Самое простое решение — переименовать переменную или столбец. Общее правило кодирования предполагает использование различных соглашений о наименовании для переменных PL/pgSQL и столбцов таблиц. Например, если имена переменных всегда имеют вид `v_`*имя*, а имена столбцов никогда не начинаются на `v_`, то конфликты исключены.

В качестве альтернативы можно дополнить имена неоднозначных ссылок, чтобы сделать их точными. В приведённом выше примере `src.foo` однозначно бы определялась, как ссылка на столбец таблицы. Чтобы сделать однозначной ссылку на переменную, переменная должна быть объявлена в блоке с меткой, и далее нужно использовать эту метку (см. Раздел 42.2). Например:

```
<<block>>
DECLARE
    foo int;
BEGIN
    foo := ...;
    INSERT INTO dest (col) SELECT block.foo + bar FROM src;
```

Здесь `block.foo` ссылается на переменную, даже если в таблице `src` есть столбец `foo`. Параметры функции, а также специальные переменные, такие как `FOUND`, могут быть дополнены именем функции, потому что они неявно объявлены во внешнем блоке, метка которого совпадает с именем функции.

Иногда может быть не очень практичным исправлять таким способом все неоднозначные ссылки в большом куске PL/pgSQL кода. В таких случаях можно указать, чтобы PL/pgSQL разрешал неоднозначные ссылки в пользу переменных (это совместимо с PL/pgSQL до версии PostgreSQL 9.0), или в пользу столбцов таблицы (совместимо с некоторыми другими системами, такими как Oracle).

На уровне всей системы поведение PL/pgSQL регулируется установкой конфигурационного параметра plpgsql.variable_conflict, имеющего значения: error, use_variable или use_column (error устанавливается по умолчанию при установке системы). Изменение этого параметра влияет на все последующие компиляции операторов в функциях на PL/pgSQL, но не на операторы уже скомпилированные в текущем сеансе. Так как изменение этого параметра может привести к неожиданным изменениям в поведении функций на PL/pgSQL, он может быть изменён только суперпользователем.

Поведение PL/pgSQL можно изменять для каждой отдельной функции, если добавить в начало функции одну из этих специальных команд:

```
#variable_conflict error
#variable_conflict use_variable
#variable_conflict use_column
```

Эти команды влияют только на функцию, в которой они записаны и перекрывают действие plpgsql.variable_conflict. Пример:

```
CREATE FUNCTION stamp_user(id int, comment text) RETURNS void AS $$
    #variable_conflict use_variable
    DECLARE
        curtime timestamp := now();
    BEGIN
        UPDATE users SET last_modified = curtime, comment = comment
          WHERE users.id = id;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В команде UPDATE, curtime, comment и id будут ссылаться на переменные и параметры функции вне зависимости от того, есть ли столбцы с такими именами в таблице users. Обратите внимание, что нужно дополнить именем таблицы ссылку на users.id в предложении WHERE, чтобы она ссылалась на столбец таблицы. При этом необязательно дополнять ссылку на comment в левой части списка UPDATE, так как синтаксически в этом месте должно быть имя столбца таблицы users. Эту функцию можно было бы записать и без зависимости от значения variable_conflict:

```
CREATE FUNCTION stamp_user(id int, comment text) RETURNS void AS $$
    <<fn>>
    DECLARE
        curtime timestamp := now();
    BEGIN
        UPDATE users SET last_modified = fn.curtime, comment = stamp_user.comment
          WHERE users.id = stamp_user.id;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Замена переменных не происходит в строке, исполняемой командой EXECUTE или её вариантом. Если нужно вставлять изменяющиеся значения в такую команду, то это делается либо при построении самой командной строки или с использованием USING, как показано в Подразделе 42.5.4.

Замена переменных в настоящее время работает только в командах SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE, потому что основная SQL машина допускает использование параметров запроса только в этих командах. Чтобы использовать изменяемые имена или значения в других типах операторов (обычно называемых служебными), необходимо составить текст команды в виде строки и выполнить её в EXECUTE.

42.11.2. Кеширование плана

Интерпретатор PL/pgSQL анализирует исходный текст функции и строит внутреннее бинарное дерево инструкций при первом вызове функции (для каждого сеанса). В дерево инструкций полностью переводится вся структура операторов PL/pgSQL, но для выражений и команд SQL, используемых в функции, это происходит не сразу.

При первом выполнении в функции каждого выражения или команды SQL интерпретатор PL/pgSQL разбирает и анализирует команду для создания подготовленного к выполнению оператора с помощью функции `SPI_prepare` менеджера интерфейса программирования сервера. Последующие обращения к этому выражению или команде повторно используют подготовленный к выполнению оператор. Таким образом, SQL-команды, находящиеся в редко посещаемой ветке кода условного оператора, не несут накладных расходов на разбор команд, если они так и не будут выполнены в текущем сеансе. Здесь есть недостаток, заключающийся в том, что ошибки в определённом выражении или команде не могут быть обнаружены, пока выполнение не дойдёт до этой части функции. (Тривиальные синтаксические ошибки обнаружатся в ходе первоначального разбора, но ничего более серьёзного не будет обнаружено до исполнения.)

Кроме того, PL/pgSQL (точнее, менеджер интерфейса программирования сервера) будет пытаться кешировать план выполнения для любого подготовленного к исполнению оператора. При каждом вызове оператора, если не используется план из кеша, генерируется новый план выполнения, и текущие значения параметров (то есть значения переменных PL/pgSQL) могут быть использованы для оптимизации нового плана. Если оператор не имеет параметров или выполняется много раз, менеджер интерфейса программирования сервера рассмотрит вопрос о создании и кешировании (для повторного использования) общего плана, не зависящего от значений параметров. Как правило, это происходит в тех случаях, когда план выполнения не очень чувствителен к имеющимся ссылкам на значения переменных PL/pgSQL. В противном случае выгоднее каждый раз формировать новый план. Более подробно поведение подготовленных операторов рассматривается в PREPARE.

Чтобы PL/pgSQL мог сохранять подготовленные операторы и планы выполнения, команды SQL в коде PL/pgSQL, должны использовать одни и те же таблицы и столбцы при каждом исполнении. А это значит, что в SQL-командах нельзя использовать названия таблиц и столбцов в качестве параметров. Чтобы обойти это ограничение, нужно сконструировать динамическую команду для оператора PL/pgSQL `EXECUTE` — ценой будет разбор и построение нового плана выполнения при каждом вызове.

Изменчивая природа переменных типа `record` представляет ещё одну проблему в этой связи. Когда поля переменной типа `record` используются в выражениях или операторах, типы данных полей не должны меняться от одного вызова функции к другому, так как при анализе каждого выражения будет использоваться тот тип данных, который присутствовал при первом вызове. При необходимости можно использовать `EXECUTE` для решения этой проблемы.

Если функция используется в качестве триггера более чем для одной таблицы, PL/pgSQL независимо подготавливает и кеширует операторы для каждой такой таблицы. То есть создаётся кеш для каждой комбинации триггерная функция + таблица, а не только для каждой функции. Это устраняет некоторые проблемы, связанные с различными типами данных. Например, триггерная функция сможет успешно работать со столбцом `key`, даже если в разных таблицах этот столбец имеет разные типы данных.

Таким же образом, функции с полиморфными типами аргументов имеют отдельный кеш для каждой комбинации фактических типов аргументов, так что различия типов данных не вызывают неожиданных сбоев.

Кеширование операторов иногда приводит к неожиданным эффектам при интерпретации чувствительных ко времени значений. Например, есть разница между тем, что делают эти две функции:

```
CREATE FUNCTION logfunc1(logtxt text) RETURNS void AS $$
    BEGIN
        INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, 'now');
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

и

```
CREATE FUNCTION logfunc2(logtxt text) RETURNS void AS $$
    DECLARE
        curtime timestamp;
    BEGIN
        curtime := 'now';
        INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, curtime);
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В случае `logfunc1`, при анализе `INSERT`, основной анализатор PostgreSQL знает, что строку `'now'` следует толковать как `timestamp`, потому что целевой столбец таблицы `logtable` имеет такой тип данных. Таким образом, `'now'` будет преобразовано в константу `timestamp` при анализе `INSERT`, а затем эта константа будет использоваться в последующих вызовах `logfunc1` в течение всего сеанса. Разумеется, это не то, что хотел программист. Лучше было бы использовать функцию `now()` или `current_timestamp`.

В случае `logfunc2`, основной анализатор PostgreSQL не знает, какого типа будет `'now'` и поэтому возвращает значение типа `text`, содержащее строку `now`. При последующем присваивании локальной переменной `curtime` интерпретатор PL/pgSQL приводит эту строку к типу `timestamp`, вызывая функции `textout` и `timestamp_in`. Таким образом, метка времени будет обновляться при каждом выполнении, как и ожидается программистом. И хотя всё работает как ожидалось, это не слишком эффективно, поэтому использование функции `now()` по-прежнему значительно лучше.

42.12. Советы по разработке на PL/pgSQL

Хороший способ разрабатывать на PL/pgSQL заключается в том, чтобы в одном окне с текстовым редактором по выбору создавать тексты функций, а в другом окне с psql загружать и тестировать эти функции. В таком случае удобно записывать функцию, используя `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Таким образом, можно легко загрузить файл для обновления определения функции. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION testfunc(integer) RETURNS integer AS $$
          ....
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В psql, можно загрузить или перезагрузить такой файл определения функции, выполнив:

```
\i filename.sql
```

а затем сразу выполнять команды SQL для тестирования функции.

Ещё один хороший способ разрабатывать на PL/pgSQL связан с использованием GUI инструментов, облегчающих разработку на процедурном языке. Один из примеров такого инструмента pgAdmin, хотя есть и другие. Такие инструменты часто предоставляют удобные возможности, такие как экранирование одинарных кавычек, отладка и повторное создание функций.

42.12.1. Обработка кавычек

Код функции на PL/pgSQL указывается в команде `CREATE FUNCTION` в виде строки. Если записывать строку как обычно, внутри одинарных кавычек, то любой символ одинарной кавычки должен дублироваться, так же как и должен дублироваться каждый знак обратной косой черты (если используется синтаксис с экранированием в строках). Дублирование кавычек в лучшем случае утомительно, а в более сложных случаях код может стать совершенно непонятным, так как легко может потребоваться четыре или более идущих подряд кавычек. Вместо этого при создании тела функции рекомендуется использовать знаки доллара в качестве кавычек (см. Подраздел 4.1.2.4). При таком подходе никогда не потребуется дублировать кавычки, но придётся позаботиться о том, чтобы иметь разные долларовые разделители для каждого уровня вложенности. Например, команду `CREATE FUNCTION` можно записать так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION testfunc(integer) RETURNS integer AS $PROC$
          ....
```

```
$PROC$ LANGUAGE plpgsql;
```

Внутри можно использовать кавычки для простых текстовых строк и `$$` для разграничения фрагментов SQL-команды, собираемой из отдельных строк. Если нужно взять в кавычки текст, который включает `$$`, можно использовать `$Q$`, и так далее.

Следующая таблица показывает, как применяются знаки кавычек, если не используется экранирование долларами. Это может быть полезно при переводе кода, не использующего экранирование знаками доллара, в нечто более понятное.

1 кавычка

В начале и конце тела функции, например:

```
CREATE FUNCTION foo() RETURNS integer AS '
          ....
' LANGUAGE plpgsql;
```

Внутри такой функции любая кавычка *должна* дублироваться.

2 кавычки

Для строковых литералов внутри тела функции, например:

```
a_output := ''Blah'';
SELECT * FROM users WHERE f_name=''foobar'';
```

При использовании знаков доллара можно просто написать:

```
a_output := 'Blah';
SELECT * FROM users WHERE f_name='foobar';
```

и именно это увидит исполнитель PL/pgSQL в обоих случаях.

4 кавычки

Когда нужны одинарные кавычки в строковой константе внутри тела функции, например:

```
a_output := a_output || '' AND name LIKE ''''foobar'''' AND xyz''
```

К `a_output` будет добавлено: `AND name LIKE 'foobar' AND xyz`

При использовании знаков доллара это записывается так:

```
a_output := a_output || $$ AND name LIKE 'foobar' AND xyz$$
```

будьте внимательны, при этом не должно быть внешнего долларового разделителя `$$`.

6 кавычек

Когда нужны одинарные кавычки в строковой константе внутри тела функции, при этом кавычки находятся в конце строковой константы. Например:

```
a_output := a_output || '' AND name LIKE ''''foobar''''''
```

К `a_output` будет добавлено: `AND name LIKE 'foobar'`.

При использовании знаков доллара это записывается так:

```
a_output := a_output || $$ AND name LIKE 'foobar'$$
```

10 кавычек

Когда нужны две одиночные кавычки в строковой константе (это уже 8 кавычек), примыкающие к концу строковой константы (ещё 2). Вероятно, такое может понадобиться при разработке функции, которая генерирует другие функции, как показано в Примере 42.10. Например:

```
a_output := a_output || '' if v_'' ||
```

```
    referrer_keys.kind || '' like ''''''''''
    || referrer_keys.key_string || ''''''''''
    then return ''''''  || referrer_keys.referrer_type
    || ''''''; end if;'';
```

Значение a_output затем будет:

```
if v_... like ''...'' then return ''...''; end if;
```

При использовании знаков доллара:

```
a_output := a_output || $$ if v_$$ || referrer_keys.kind || $$ like '$$
    || referrer_keys.key_string || $$'
    then return '$$  || referrer_keys.referrer_type
    || $$'; end if;$$;
```

где предполагается, что нужны только одиночные кавычки в a_output, так как потребуется повторное взятие в кавычки перед использованием.

42.12.2. Дополнительные проверки во время компиляции и во время выполнения

Чтобы помочь найти и предупредить простые, но часто встречающиеся проблемы, PL/PgSQL предоставляет дополнительные *проверки*. Если они включены в конфигурации, то во время компиляции функций будут выдаваться дополнительные сообщения WARNING или ошибки ERROR. Функция, при компиляции которой выдавалось WARNING, при последующем выполнении не будет выдавать это сообщение и её можно протестировать в отдельной среде разработки.

В среде разработки и/или тестирования имеет смысл установить значение "all" для параметра plpgsql.extra_warnings или plpgsql.extra_errors.

Для включения этих проверок предназначены параметры plpgsql.extra_warnings (для предупреждений) и plpgsql.extra_errors (для ошибок). Каждому из параметров можно присвоить список значений, разделённых запятыми, значение "none" или "all". По умолчанию используется "none". В настоящий момент доступны следующие дополнительные проверки:

shadowed_variables

Проверяет, что объявление новой переменной не скрывает ранее объявленную переменную.

strict_multi_assignment

Некоторые команды PL/PgSQL допускают присваивание значений сразу нескольким переменным, например SELECT INTO. Обычно количество целевых переменных должно совпадать с количеством исходных, хотя PL/PgSQL будет использовать NULL вместо пропущенных значений, а дополнительные переменные игнорировать. При включении этой проверки PL/PgSQL будет выдавать предупреждение (WARNING) или ошибку (ERROR) при несовпадении количества целевых переменных с количеством исходных.

too_many_rows

При включении этой проверки PL/PgSQL будет контролировать случаи, когда запрос с предложением INTO возвращает больше одной строки. Предложение INTO может обработать только одну строку, поэтому запрос, возвращающий несколько строк, как правило оказывается неэффективным и/или недетерминированным, а следовательно, скорее всего, является ошибочным.

Следующий пример показывает эффект присваивания plpgsql.extra_warnings значения shadowed_variables:

```
SET plpgsql.extra_warnings TO 'shadowed_variables';

CREATE FUNCTION foo(f1 int) RETURNS int AS $$
```

```
DECLARE
f1 int;
BEGIN
RETURN f1;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
WARNING:  variable "f1" shadows a previously defined variable
LINE 3: f1 int;
        ^
CREATE FUNCTION
```

Пример ниже показывает эффект присваивания `plpgsql.extra_warnings` значения `strict_multi_assignment`:

```
SET plpgsql.extra_warnings TO 'strict_multi_assignment';

CREATE OR REPLACE FUNCTION public.foo()
 RETURNS void
 LANGUAGE plpgsql
AS $$
DECLARE
  x int;
  y int;
BEGIN
  SELECT 1 INTO x, y;
  SELECT 1, 2 INTO x, y;
  SELECT 1, 2, 3 INTO x, y;
END;
$$;

SELECT foo();
WARNING:  number of source and target fields in assignment does not match
DETAIL:  strict_multi_assignment check of extra_warnings is active.
HINT:  Make sure the query returns the exact list of columns.
WARNING:  number of source and target fields in assignment does not match
DETAIL:  strict_multi_assignment check of extra_warnings is active.
HINT:  Make sure the query returns the exact list of columns.

 foo
-----

(1 row)
```

42.13. Портирование из Oracle PL/SQL

В этом разделе рассматриваются различия между языками PostgreSQL PL/pgSQL и Oracle PL/SQL, чтобы помочь разработчикам, переносящим приложения из Oracle® в PostgreSQL.

PL/pgSQL во многих аспектах похож на PL/SQL . Это блочно-структурированный, императивный язык, в котором все переменные должны объявляться. Присваивания, циклы и условные операторы в обоих языках похожи. Основные отличия, которые необходимо иметь в виду при портировании с PL/SQL в PL/pgSQL, следующие:

- Если имя, используемое в SQL-команде, может быть как именем столбца таблицы, так и ссылкой на переменную функции, то PL/SQL считает, что это имя столбца таблицы. Это соответствует поведению PL/pgSQL при `plpgsql.variable_conflict` = `use_column`, что не является значением по умолчанию, как описано в Подразделе 42.11.1. В первую очередь, было бы правильно избегать таких двусмысленностей, но если требуется портировать большое количество кода, зависящее от данного поведения, то установка переменной `variable_conflict` может быть лучшим решением.

- В PostgreSQL тело функции должно быть записано в виде строки. Поэтому нужно использовать знак доллара в качестве кавычек или экранировать одиночные кавычки в теле функции. (См. Подраздел 42.12.1.)
- Имена типов данных часто требуют корректировки. Например, в Oracle строковые значения часто объявляются с типом `varchar2`, не являющимся стандартным типом SQL. В PostgreSQL вместо него нужно использовать `varchar` или `text`. Подобным образом, тип `number` нужно заменять на `numeric` или другой числовой тип, если найдётся более подходящий.
- Для группировки функций вместо пакетов используются схемы.
- Так как пакетов нет, нет и пакетных переменных. Это несколько раздражает. Вместо этого можно хранить состояние каждого сеанса во временных таблицах.
- Целочисленные циклы `FOR` с указанием `REVERSE` работают по-разному. В PL/SQL значение счётчика уменьшается от второго числа к первому, в то время как в PL/pgSQL счётчик уменьшается от первого ко второму. Поэтому при портировании нужно менять местами границы цикла. Это печально, но вряд ли будет изменено. (См. Подраздел 42.6.5.5.)
- Циклы `FOR` по запросам (не курсорам) также работают по-разному. Переменная цикла должна быть объявлена, в то время как в PL/SQL она объявляется неявно. Преимущество в том, что значения переменных доступны и после выхода из цикла.
- Существуют некоторые отличия в нотации при использовании курсорных переменных.

42.13.1. Примеры портирования

Пример 42.9 показывает, как портировать простую функцию из PL/SQL в PL/pgSQL.

Пример 42.9. Портирование простой функции из PL/SQL в PL/pgSQL

Функция Oracle PL/SQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_fmt_browser_version(v_name varchar2,
                                                  v_version varchar2)
RETURN varchar2 IS
BEGIN
    IF v_version IS NULL THEN
        RETURN v_name;
    END IF;
    RETURN v_name || '/' || v_version;
END;
/
show errors;
```

Пройдемся по этой функции и посмотрим различия по сравнению с PL/pgSQL:

- Имя типа `varchar2` нужно сменить на `varchar` или `text`. В примерах данного раздела мы будем использовать `varchar`, но обычно лучше выбрать `text`, если не требуется ограничивать длину строк.
- Ключевое слово `RETURN` в прототипе функции (не в теле функции) заменяется на `RETURNS` в PostgreSQL. Кроме того, `IS` становится `AS`, и нужно добавить предложение `LANGUAGE`, потому что PL/pgSQL — не единственный возможный язык.
- В PostgreSQL тело функции является строкой, поэтому нужно использовать кавычки или знаки доллара. Это заменяет завершающий `/` в подходе Oracle.
- Команда `show errors` не существует в PostgreSQL и не требуется, так как ошибки будут выводиться автоматически.

Вот как эта функция будет выглядеть после портирования в PostgreSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_fmt_browser_version(v_name varchar,
```

```
                                                    v_version varchar)
RETURNS varchar AS $$
BEGIN
    IF v_version IS NULL THEN
        RETURN v_name;
    END IF;
    RETURN v_name || '/' || v_version;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Пример 42.10 показывает, как портировать функцию, которая создаёт другую функцию, и как обрабатывать проблемы с кавычками.

Пример 42.10. Портирование функции, создающей другую функцию, из PL/SQL в PL/pgSQL

Следующая процедура получает строки из `SELECT` и строит большую функцию, в целях эффективности возвращающую результат в операторах `IF`.

Версия Oracle:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_update_referrer_type_proc IS
    CURSOR referrer_keys IS
        SELECT * FROM cs_referrer_keys
        ORDER BY try_order;
    func_cmd VARCHAR(4000);
BEGIN
    func_cmd := 'CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_find_referrer_type(v_host IN VARCHAR2,
                 v_domain IN VARCHAR2, v_url IN VARCHAR2) RETURN VARCHAR2 IS BEGIN';

    FOR referrer_key IN referrer_keys LOOP
        func_cmd := func_cmd ||
          ' IF v_' || referrer_key.kind
          || ' LIKE ''' || referrer_key.key_string
          || ''' THEN RETURN ''' || referrer_key.referrer_type
          || '''; END IF;';
    END LOOP;

    func_cmd := func_cmd || ' RETURN NULL; END;';

    EXECUTE IMMEDIATE func_cmd;
END;
/
show errors;
```

В конечном итоге в PostgreSQL эта функция может выглядеть так:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_update_referrer_type_proc() AS $func$
DECLARE
    referrer_keys CURSOR IS
        SELECT * FROM cs_referrer_keys
        ORDER BY try_order;
    func_body text;
    func_cmd text;
BEGIN
    func_body := 'BEGIN';

    FOR referrer_key IN referrer_keys LOOP
        func_body := func_body ||
          ' IF v_' || referrer_key.kind
          || ' LIKE ' || quote_literal(referrer_key.key_string)
```

```
        || ' THEN RETURN ' || quote_literal(referrer_key.referrer_type)
        || '; END IF;' ;
    END LOOP;

    func_body := func_body || ' RETURN NULL; END;';

    func_cmd :=
      'CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_find_referrer_type(v_host varchar,
                                                        v_domain varchar,
                                                        v_url varchar)
        RETURNS varchar AS '
      || quote_literal(func_body)
      || ' LANGUAGE plpgsql;' ;

    EXECUTE func_cmd;
END;
$func$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обратите внимание, что тело функции строится отдельно, с использованием `quote_literal` для дублирования кавычек. Эта техника необходима, потому что мы не можем безопасно использовать знаки доллара при определении новой функции: мы не знаем наверняка, какие строки будут вставлены из `referrer_key.key_string`. (Мы предполагаем, что `referrer_key.kind` всегда имеет значение из списка: `host`, `domain` или `url`, но `referrer_key.key_string` может быть чем угодно, в частности, может содержать знаки доллара.) На самом деле, в этой функций есть улучшение по сравнению с оригиналом Oracle, потому что не будет генерироваться неправильный код, когда `referrer_key.key_string` или `referrer_key.referrer_type` содержат кавычки.

Пример 42.11 показывает, как портировать функцию с выходными параметрами (`OUT`) и манипулирующую строками. В PostgreSQL нет встроенной функции `instr`, но её можно создать, используя комбинацию других функций. В Подраздел 42.13.3 приведена реализации `instr` на PL/pgSQL, которая может быть полезна вам при портировании ваших функций.

Пример 42.11. Портирование из PL/SQL в PL/pgSQL процедуры, которая манипулирует строками и содержит `OUT` параметры

Следующая процедура на языке Oracle PL/SQL разбирает URL и возвращает составляющие его элементы (сервер, путь и запрос).

Версия Oracle:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_parse_url(
    v_url IN VARCHAR2,
    v_host OUT VARCHAR2,  -- Возвращается как результат
    v_path OUT VARCHAR2,  -- И это тоже
    v_query OUT VARCHAR2) -- И это
IS
    a_pos1 INTEGER;
    a_pos2 INTEGER;
BEGIN
    v_host := NULL;
    v_path := NULL;
    v_query := NULL;
    a_pos1 := instr(v_url, '//');

    IF a_pos1 = 0 THEN
        RETURN;
    END IF;
    a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
    IF a_pos2 = 0 THEN
        v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
```

```
        v_path := '/';
        RETURN;
    END IF;

    v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
    a_pos1 := instr(v_url, '?', a_pos2 + 1);

    IF a_pos1 = 0 THEN
        v_path := substr(v_url, a_pos2);
        RETURN;
    END IF;

    v_path := substr(v_url, a_pos2, a_pos1 - a_pos2);
    v_query := substr(v_url, a_pos1 + 1);
END;
/
show errors;
```

Вот возможная трансляция в PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_parse_url(
    v_url IN VARCHAR,
    v_host OUT VARCHAR,  -- Возвращается как результат
    v_path OUT VARCHAR,  -- И это тоже
    v_query OUT VARCHAR) -- И это
AS $$
DECLARE
    a_pos1 INTEGER;
    a_pos2 INTEGER;
BEGIN
    v_host := NULL;
    v_path := NULL;
    v_query := NULL;
    a_pos1 := instr(v_url, '//');

    IF a_pos1 = 0 THEN
        RETURN;
    END IF;
    a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
    IF a_pos2 = 0 THEN
        v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
        v_path := '/';
        RETURN;
    END IF;

    v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
    a_pos1 := instr(v_url, '?', a_pos2 + 1);

    IF a_pos1 = 0 THEN
        v_path := substr(v_url, a_pos2);
        RETURN;
    END IF;

    v_path := substr(v_url, a_pos2, a_pos1 - a_pos2);
    v_query := substr(v_url, a_pos1 + 1);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Эту функцию можно использовать так:

```
SELECT * FROM cs_parse_url('http://foobar.com/query.cgi?baz');
```

Пример 42.12 показывает, как портировать процедуру, использующую большое количество специфических для Oracle возможностей.

Пример 42.12. Портирование процедуры из PL/SQL в PL/pgSQL

Версия Oracle:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_create_job(v_job_id IN INTEGER) IS
    a_running_job_count INTEGER;
BEGIN
    LOCK TABLE cs_jobs IN EXCLUSIVE MODE;

    SELECT count(*) INTO a_running_job_count FROM cs_jobs WHERE end_stamp IS NULL;

    IF a_running_job_count > 0 THEN
        COMMIT; -- освободить блокировку
        raise_application_error(-20000,
                 'Unable to create a new job: a job is currently running.');
    END IF;

    DELETE FROM cs_active_job;
    INSERT INTO cs_active_job(job_id) VALUES (v_job_id);

    BEGIN
        INSERT INTO cs_jobs (job_id, start_stamp) VALUES (v_job_id, now());
    EXCEPTION
        WHEN dup_val_on_index THEN NULL; -- ничего не делать, если задание уже есть
    END;
    COMMIT;
END;
/
show errors
```

Вот как эту процедуру можно переписать на PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_create_job(v_job_id integer) AS $$
DECLARE
    a_running_job_count integer;
BEGIN
    LOCK TABLE cs_jobs IN EXCLUSIVE MODE;

    SELECT count(*) INTO a_running_job_count FROM cs_jobs WHERE end_stamp IS NULL;

    IF a_running_job_count > 0 THEN
        COMMIT; -- освободить блокировку
        RAISE EXCEPTION 'Unable to create a new job: a job is currently running'; -- 1
    END IF;

    DELETE FROM cs_active_job;
    INSERT INTO cs_active_job(job_id) VALUES (v_job_id);

    BEGIN
        INSERT INTO cs_jobs (job_id, start_stamp) VALUES (v_job_id, now());
    EXCEPTION
        WHEN unique_violation THEN -- 2
            -- ничего не делать, если задание уже есть
    END;
    COMMIT;
```

```
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

1. Синтаксис `RAISE` существенно отличается от Oracle, хотя основной вариант `RAISE` *`имя_исключения`* работает похоже.
2. Имена исключений, поддерживаемые PL/pgSQL, отличаются от исключений в Oracle. Количество встроенных имён исключений значительно больше (см. Приложение A). В настоящее время нет способа задать пользовательское имя исключения, хотя вместо этого можно вызывать ошибку с заданным пользователем значением SQLSTATE.

42.13.2. На что ещё обратить внимание

В этом разделе рассматриваются ещё несколько вещей, на которые нужно обращать внимание при портировании функций из Oracle PL/SQL в PostgreSQL.

42.13.2.1. Неявный откат изменений после возникновения исключения

В PL/pgSQL при перехвате исключения в секции `EXCEPTION` все изменения в базе данных с начала блока автоматически откатываются. В Oracle это эквивалентно следующему:

```
BEGIN
    SAVEPOINT s1;
    ... здесь код ...
EXCEPTION
    WHEN ... THEN
        ROLLBACK TO s1;
        ... здесь код ...
    WHEN ... THEN
        ROLLBACK TO s1;
        ... здесь код ...
END;
```

При портировании процедуры Oracle, которая использует `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO` в таком же стиле, задача простая: достаточно убрать операторы `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO`. Если же `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO` используются по-другому, то придётся подумать.

42.13.2.2. EXECUTE

PL/pgSQL версия `EXECUTE` работает аналогично версии в PL/SQL, но нужно помнить об использовании `quote_literal` и `quote_ident`, как описано в Подразделе 42.5.4. Без использования этих функций конструкции типа `EXECUTE 'SELECT * FROM $1';` будут работать ненадёжно.

42.13.2.3. Оптимизация функций на PL/pgSQL

Для оптимизации исполнения PostgreSQL предоставляет два модификатора при создании функции: «изменчивость» (будет ли функция всегда возвращать тот же результат при тех же аргументах) и «строгость» (возвращает ли функция NULL, если хотя бы один из аргументов NULL). Для получения подробной информации обратитесь к справочной странице CREATE FUNCTION.

При использовании этих атрибутов оптимизации оператор `CREATE FUNCTION` может выглядеть примерно так:

```
CREATE FUNCTION foo(...) RETURNS integer AS $$
...
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;
```

42.13.3. Приложение

Этот раздел содержит код для совместимых с Oracle функций `instr`, которые можно использовать для упрощения портирования.

```
--
-- instr functions that mimic Oracle's counterpart
-- Syntax: instr(string1, string2 [, n [, m]])
-- where [] denotes optional parameters.
--
-- Search string1, beginning at the nth character, for the mth occurrence
-- of string2.  If n is negative, search backwards, starting at the abs(n)'th
-- character from the end of string1.
-- If n is not passed, assume 1 (search starts at first character).
-- If m is not passed, assume 1 (find first occurrence).
-- Returns starting index of string2 in string1, or 0 if string2 is not found.
--

CREATE FUNCTION instr(varchar, varchar) RETURNS integer AS $$
BEGIN
    RETURN instr($1, $2, 1);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;


CREATE FUNCTION instr(string varchar, string_to_search_for varchar,
                      beg_index integer)
RETURNS integer AS $$
DECLARE
    pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
    temp_str varchar;
    beg integer;
    length integer;
    ss_length integer;
BEGIN
    IF beg_index > 0 THEN
        temp_str := substring(string FROM beg_index);
        pos := position(string_to_search_for IN temp_str);

        IF pos = 0 THEN
            RETURN 0;
        ELSE
            RETURN pos + beg_index - 1;
        END IF;
    ELSIF beg_index < 0 THEN
        ss_length := char_length(string_to_search_for);
        length := char_length(string);
        beg := length + 1 + beg_index;

        WHILE beg > 0 LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
            IF string_to_search_for = temp_str THEN
                RETURN beg;
            END IF;

            beg := beg - 1;
        END LOOP;

        RETURN 0;
    ELSE
        RETURN 0;
    END IF;
```

```
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;


CREATE FUNCTION instr(string varchar, string_to_search_for varchar,
                      beg_index integer, occur_index integer)
RETURNS integer AS $$
DECLARE
    pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
    occur_number integer NOT NULL DEFAULT 0;
    temp_str varchar;
    beg integer;
    i integer;
    length integer;
    ss_length integer;
BEGIN
    IF occur_index <= 0 THEN
        RAISE 'argument ''%'' is out of range', occur_index
          USING ERRCODE = '22003';
    END IF;

    IF beg_index > 0 THEN
        beg := beg_index - 1;
        FOR i IN 1..occur_index LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg + 1);
            pos := position(string_to_search_for IN temp_str);
            IF pos = 0 THEN
                RETURN 0;
            END IF;
            beg := beg + pos;
        END LOOP;

        RETURN beg;
    ELSIF beg_index < 0 THEN
        ss_length := char_length(string_to_search_for);
        length := char_length(string);
        beg := length + 1 + beg_index;

        WHILE beg > 0 LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
            IF string_to_search_for = temp_str THEN
                occur_number := occur_number + 1;
                IF occur_number = occur_index THEN
                    RETURN beg;
                END IF;
            END IF;

            beg := beg - 1;
        END LOOP;

        RETURN 0;
    ELSE
        RETURN 0;
    END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;
```

Глава 43. PL/Tcl — процедурный язык Tcl

PL/Tcl — это загружаемый процедурный язык для СУБД PostgreSQL, позволяющий использовать *язык Tcl* для написания функций и процедур PostgreSQL.

43.1. Обзор

PL/Tcl предоставляет большинство возможностей, которые имеет разработчик функций на C, с небольшими ограничениями, и позволяет применять мощные библиотеки обработки строк, существующие для Tcl.

Одним убедительным *хорошим* ограничением является то, что весь код выполняется в контексте безопасности интерпретатора Tcl. Помимо ограниченного набора команд безопасного Tcl, разрешены только несколько команд для обращения к базе данных через SPI и вызовы `elog()` для выдачи сообщений. PL/Tcl не даёт возможности взаимодействовать с внутренним механизмом сервера баз данных или обращаться к ОС с правами серверного процесса PostgreSQL, что возможно в функциях на C. Таким образом, использование этого языка можно доверить непривилегированным пользователям; это не даст им неограниченные полномочия.

Ещё одно существенное ограничение заключается в том, что функции на Tcl нельзя использовать для создания функций ввода/вывода для новых типов данных.

Иногда возникает желание написать функцию на Tcl, которая не будут ограничена безопасным Tcl. Например, может потребоваться функция, которая будет посылать сообщения по почте. Для этих случаев есть вариация PL/Tcl, названная `PL/TclU` (название подразумевает «untrusted Tcl», недоверенный Tcl). Это тот же язык, за исключением того, что для него используется полноценный интерпретатор Tcl. *Если применяется PL/TclU, он должен быть установлен как недоверенный процедурный язык*, чтобы только суперпользователи могли создавать функции на нём. Автор функции на PL/TclU должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных.

Разделяемый объектный код для обработчиков вызова PL/Tcl и PL/TclU собирается автоматически и устанавливается в каталог библиотек PostgreSQL, если поддержка Tcl включена на этапе конфигурирования процедуры установки. Чтобы установить PL/Tcl и/или PL/TclU в конкретную базу данных, воспользуйтесь командой `CREATE EXTENSION`, например, так: `CREATE EXTENSION pltcl` или `CREATE EXTENSION pltclu`.

43.2. Функции на PL/Tcl и их аргументы

Чтобы создать функцию на языке PL/Tcl, используйте стандартный синтаксис CREATE FUNCTION:

```
CREATE FUNCTION имя_функции (типы_аргументов) RETURNS тип_результата AS $$
    # Тело функции на PL/Tcl
$$ LANGUAGE pltcl;
```

С PL/TclU команда та же, но в качестве языка должно быть указано `pltclu`.

Тело функции содержит просто скрипт на Tcl. Когда вызывается функция, значения аргументов передаются скрипту Tcl в виде переменных с именами `1` ... *n*. Результат из кода Tcl возвращается как обычно, оператором `return`. В процедуре значение, возвращаемое из кода Tcl, игнорируется.

Например, функцию, возвращающую большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION tcl_max(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {$1 > $2} {return $1}
    return $2
$$ LANGUAGE pltcl STRICT;
```

Обратите внимание на предложение `STRICT`, которое избавляет нас от необходимости думать о входящих значениях NULL: если при вызове передаётся значение NULL, функция не будет выполняться вовсе, будет сразу возвращён результат NULL.

В нестрогой функции, если фактическое значение аргумента — NULL, соответствующей переменной `$n` будет присвоена пустая строка. Чтобы определить, был ли передан NULL в определённом аргументе, используйте функцию `argisnull`. Например, предположим, что нам нужна функция `tcl_max`, которая с одним аргументом NULL и вторым аргументом не NULL должна возвращать не NULL, а второй аргумент:

```
CREATE FUNCTION tcl_max(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {[argisnull 1]} {
        if {[argisnull 2]} { return_null }
        return $2
    }
    if {[argisnull 2]} { return $1 }
    if {$1 > $2} {return $1}
    return $2
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Как показано выше, чтобы вернуть значение NULL из функции PL/Tcl, нужно выполнить `return_null`. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

Аргументы составного типа передаются функции в виде массивов Tcl. Именами элементов массива являются имена атрибутов составного типа. Если атрибут в переданной строке имеет значение NULL, он будет отсутствовать в данном массиве. Например:

```
CREATE TABLE employee (
    name text,
    salary integer,
    age integer
);

CREATE FUNCTION overpaid(employee) RETURNS boolean AS $$
    if {200000.0 < $1(salary)} {
        return "t"
    }
    if {$1(age) < 30 && 100000.0 < $1(salary)} {
        return "t"
    }
    return "f"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Функции PL/Tcl могут возвращать и результаты составного типа. Для этого код на Tcl должен вернуть список пар имя/значение столбца, соответствующий ожидаемому типу результата. Столбцы, имена которых в этом списке отсутствуют, получат значения NULL, а если в списке указано имя несуществующего столбца, возникнет ошибка. Например:

```
CREATE FUNCTION square_cube(in int, out squared int, out cubed int) AS $$
    return [list squared [expr {$1 * $1}] cubed [expr {$1 * $1 * $1}]]
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Выходные аргументы процедур возвращаются таким же образом. Например:

```
CREATE PROCEDURE tcl_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
    return [list a [expr {$1 * 3}] b [expr {$2 * 3}]]
$$ LANGUAGE pltcl;

CALL tcl_triple(5, 10);
```

Подсказка

Список результатов можно создать из желаемого кортежа, представленного в виде массива, с помощью команды `array get` языка Tcl. Например:

```
CREATE FUNCTION raise_pay(employee, delta int) RETURNS employee AS $$
    set 1(salary) [expr {$1(salary) + $2}]
    return [array get 1]
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Функции PL/Tcl могут возвращать наборы результатов. Для этого код на Tcl должен вызывать `return_next` для каждой возвращаемой строки, передавая ей соответствующее значение, когда возвращается скалярный тип, или список пар имя/значение столбца, когда возвращается составной тип. Пример с результатом скалярного типа:

```
CREATE FUNCTION sequence(int, int) RETURNS SETOF int AS $$
    for {set i $1} {$i < $2} {incr i} {
        return_next $i
    }
$$ LANGUAGE pltcl;
```

и с результатом составного:

```
CREATE FUNCTION table_of_squares(int, int) RETURNS TABLE (x int, x2 int) AS $$
    for {set i $1} {$i < $2} {incr i} {
        return_next [list x $i x2 [expr {$i * $i}]]
    }
$$ LANGUAGE pltcl;
```

43.3. Значения данных в PL/Tcl

Значения аргументов, передаваемые в код функции PL/Tcl, представляют собой просто входные аргументы, преобразованные в текстовый вид (так же, как при выводе оператором `SELECT`). И наоборот, команды `return` и `return_next` примут любую строку, соответствующую формату ввода для объявленного типа результата функции или заданного столбца в результате составного типа.

43.4. Глобальные данные в PL/Tcl

Иногда полезно иметь некоторые глобальные данные, сохраняемые между двумя вызовами функции или совместно используемые разными функциями. Это легко сделать в PL/Tcl, но есть некоторые ограничения, которые необходимо понимать.

По соображениям безопасности, PL/Tcl выполняет функции, вызываемые некоторой ролью SQL в отдельном интерпретаторе Tcl, выделенном для этой роли. Это предотвращает случайное или злонамеренное влияние одного пользователя на поведение функций PL/Tcl другого пользователя. В каждом интерпретаторе будут свои значения всех «глобальных» переменных Tcl. Таким образом, в двух функциях PL/Tcl будут общие глобальные переменные, только если они выполняются одной ролью SQL. В приложении, выполняющем код в одном сеансе с разными ролями SQL (вызывающем функции `SECURITY DEFINER`, использующем команду `SET ROLE` и т. д.) может понадобиться явно предпринять дополнительные меры, чтобы функции могли разделять свои данные. Для этого сначала установите для функций, которые должны взаимодействовать, одного владельца, а затем задайте для них свойство `SECURITY DEFINER`. Разумеется, при этом нужно позаботиться о том, чтобы эти функции не могли сделать ничего непредусмотренного.

Все функции PL/TclU, вызываемые в одном сеансе, выполняются одним интерпретатором Tcl, который, конечно, отличается от интерпретатора(ов), используемого для функций PL/Tcl. Поэтому глобальные данные функций PL/TclU автоматически становятся общими. Это не считается угрозой безопасности, так как все функции PL/TclU выполняются на одном уровне доверия, а именно уровне суперпользователя базы данных.

Чтобы защитить функции PL/Tcl от непреднамеренного влияния друг на друга, каждой из них предоставляется глобальная переменная-массив через команду `upvar`. Глобальным именем этой переменной является внутреннее имя функции, а в качестве локального выбрано `GD`. Переменную `GD` рекомендуется использовать для постоянных внутренних данных функции. Обычные глобальные переменные Tcl следует использовать только для значений, которые предназначены именно для совместного использования несколькими функциями. (Заметьте, что массивы `GD` являются глобальными только для конкретного интерпретатора, так что они не нарушают ограничения безопасности, описанные выше.)

Использование `GD` демонстрируется в примере `spi_execp`, приведённом ниже.

43.5. Обращение к базе данных из PL/Tcl

В этом разделе для обозначения необязательных элементов в описании синтаксиса используются знаки вопроса (а не квадратные скобки), как это принято в Tcl. Имеются следующие команды для доступа к базе данных из тела функции PL/Tcl:

`spi_exec ?-count` *`n`*`? ?-array` *`имя`*`?` *`команда`* `?`*`тело-цикла`*`?`

Выполняет команду SQL, заданную в виде строки. В случае ошибки в этой команде выдаётся ошибка в Tcl. В противном случае `spi_exec` возвращает число обработанных командой строк (выбранных, добавленных, изменённых или удалённых), либо ноль, если эта команда — служебный оператор. Кроме того, если команда — оператор `SELECT`, значения выбранных столбцов помещаются в переменные Tcl, как описано ниже.

Необязательный аргумент `-count` указывает функции `spi_exec` остановиться после получения *`n`* строк, как если бы запрос включал предложение `LIMIT`. Если *`n`* равно нулю, запрос выполняется до конца, так же, как без указания `-count`.

Если в качестве команды выполняется оператор `SELECT`, значения результирующих столбцов помещаются в переменные Tcl, названные по именам столбцов. Если передаётся `-array`, значения столбцов вместо этого становятся элементами названного ассоциативного массива, индексами в котором становятся имена столбцов. Кроме того, в элементе с именем «`.tupno`» сохраняется номер текущей строки в результирующем наборе (отсчитывая от нуля), если только это имя не занято одним из столбцов результата.

Если в качестве команды выполняется `SELECT` без указания скрипта *`тело-цикла`*, в переменных Tcl или элементах массива сохраняется только первая строка результатов; оставшиеся строки (если они есть), игнорируются. Если запрос не возвращает строки, не сохраняется ничего. (Этот случай можно отследить, проверив результат `spi_exec`.) Например, команда:

```
spi_exec "SELECT count(*) AS cnt FROM pg_proc"
```

присвоит переменной `$cnt` в Tcl число строк, содержащихся в системном каталоге `pg_proc`.

Если передаётся необязательный аргумент *`тело-цикла`*, заданный в нём блок скрипта Tcl будет выполняться для каждой строки результата запроса. (Аргумент *`тело-цикла`* игнорируется, если целевая команда — не `SELECT`.) При этом значения столбцов текущей строки сохраняются в переменных Tcl или элементах массива перед каждой итерацией этого цикла. Например, код:

```
spi_exec -array C "SELECT * FROM pg_class" {
    elog DEBUG "have table $C(relname)"
}
```

будет выводить в журнал сообщение для каждой строки `pg_class`. Это работает подобно другим конструкциям циклов в Tcl; в частности, команды `continue` и `break` в теле цикла будут действовать обычным образом.

Если в столбце результата запроса выдаётся NULL, целевая переменная для неё не устанавливается, и оказывается «неустановленной».

`spi_prepare` *`query`* *`список-типов`*

Подготавливает и сохраняет план запроса для последующего выполнения. Сохранённый план будет продолжать существование до завершения текущего сеанса.

Запрос может принимать параметры, то есть местозаполнители для значений, которые будут передаваться, когда план будет собственно выполняться. В строке запроса эти параметры обозначаются как `$1` ... `$n`. Если в запросе используются параметры, нужно задать имена типов этих параметров в виде списка Tcl. (Если параметры отсутствуют, задайте пустой *список_типов*.)

Функция `spi_prepare` возвращает идентификатор запроса, который может использоваться в последующих вызовах `spi_execp`. Пример приведён в описании `spi_execp`.

`spi_execp ?-count n? ?-array имя? ?-nulls строка? ид-запроса ?список-значений? ?тело-цикла?`

Выполняет запрос, ранее подготовленный функцией `spi_prepare`. В качестве *ид_запроса* передаётся идентификатор, возвращённый функцией `spi_prepare`. Если в запросе задействуются параметры, необходимо указать *список-значений*. Это должен быть принятый в Tcl список параметров. Он должен иметь ту же длину, что и список типов параметров, ранее переданный `spi_prepare`. Опустите *список-значений*, если у запроса нет параметров.

Необязательный аргумент `-nulls` принимает строку из пробелов и символов `'n'`, которые отмечают, в каких параметрах `spi_execp` передаются значения NULL. Если присутствует, эта строка должна иметь ту же длину, что и *список-значений*. В случае её отсутствия значения всех параметров считаются отличными от NULL.

Не считая отличий в способе передачи запроса и параметров, `spi_execp` работает так же, как `spi_exec`. Параметры `-count`, `-array` и *тело-цикла* задаются так же, и так же передаётся возвращаемое значение.

Взгляните на пример функции на PL/Tcl, использующей подготовленный план:

```
CREATE FUNCTION t1_count(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {![ info exists GD(plan) ]} {
        # подготовить сохранённый план при первом вызове
        set GD(plan) [ spi_prepare \
                "SELECT count(*) AS cnt FROM t1 WHERE num >= \$1 AND num <= \$2" \
                [ list int4 int4 ] ]
    }
    spi_execp -count 1 $GD(plan) [ list $1 $2 ]
    return $cnt
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Обратные косые черты внутри строки запроса, передаваемой функции `spi_prepare`, нужны для того, чтобы маркеры `$n` передавались функции `spi_prepare` как есть, а не заменялись при подстановке переменных Tcl.

`subtransaction команда`

Скрипт Tcl, который содержит *команда*, выполняется в подтранзакции SQL. Если этот скрипт возвращает ошибку, вся подтранзакция откатывается назад, а затем в окружающий код Tcl возвращается ошибка. За дополнительными подробностями и примером обратитесь к Разделу 43.9.

`quote строка`

Дублирует все вхождения апострофа и обратной косой черты в заданной строке. Это можно использовать для защиты строк, которые будут вставляться в команды SQL, передаваемые в `spi_exec` или `spi_prepare`. Например, представьте, что при выполнении такой команды SQL:

```
"SELECT '$val' AS ret"
```

переменная языка Tcl `val` содержит `doesn't`. Это приведёт к формированию такой окончательной строки команды:

```
SELECT 'doesn't' AS ret
```

при разборе которой в процессе `spi_exec` или `spi_prepare` возникнет ошибка. Чтобы этот запрос работал правильно, итоговая команда должна выглядеть так:

```
SELECT 'doesn''t' AS ret
```

Получить её в PL/Tcl можно так:

```
"SELECT '[ quote $val ]' AS ret"
```

Преимуществом `spi_execp` является то, что для неё заключать значения параметров в кавычки подобным образом не нужно, так как параметры никогда не разбираются в составе строки команды SQL.

`elog` *уровень сообщение*

Выдаёт служебное сообщение или сообщение об ошибке. Возможные уровни сообщений: `DEBUG` (ОТЛАДКА), `LOG` (СООБЩЕНИЕ), `INFO` (ИНФОРМАЦИЯ), `NOTICE` (ЗАМЕЧАНИЕ), `WARNING` (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ), `ERROR` (ОШИБКА) и `FATAL` (ВАЖНО). С уровнем `ERROR` выдаётся ошибка; если она не перехватывается окружающим кодом Tcl, она распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. По сути то же самое делает команда `error` языка Tcl. Сообщение уровня `FATAL` прерывает транзакцию и приводит к завершению текущего сеанса. (Вероятно, нет обоснованной причины использовать этот уровень ошибок в функциях PL/Tcl, но он поддерживается для полноты.) При использовании других уровней происходит просто вывод сообщения с заданным уровнем важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиенту и/или записываться в журнал, определяется конфигурационными переменными log_min_messages и client_min_messages. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19 и Разделу 43.8.

43.6. Триггерные функции на PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать триггерные функции. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая будет вызываться как триггерная, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело функции в следующих переменных:

`$TG_name`

Имя триггера из оператора `CREATE TRIGGER`.

`$TG_relid`

Идентификатор объекта таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_table_name`

Имя таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_table_schema`

Схема таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_relatts`

Список языка Tcl, содержащий имена столбцов таблицы. В начало списка добавлен пустой элемент, поэтому при поиске в этом списке имени столбца с помощью стандартной в Tcl команды `lsearch` будет возвращён номер элемента, начиная с 1, так же, как нумеруются столбцы в PostgreSQL. (В позициях удалённых столбцов также содержатся пустые элементы, так что нумерация следующих за ними атрибутов не нарушается.)

`$TG_when`

Строка `BEFORE`, `AFTER` или `INSTEAD OF`, в зависимости от типа события триггера.

`$TG_level`

Строка `ROW` или `STATEMENT`, в зависимости от уровня события триггера.

`$TG_op`

Строка `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE`, в зависимости от действия события триггера.

`$NEW`

Ассоциативный массив, содержащий значения новой строки таблицы для действий `INSERT` или `UPDATE`, либо пустой массив для `DELETE`. Индексами в массиве являются имена столбцов. Столбцы со значениями NULL в нём отсутствуют. Для триггеров уровня оператора этот массив не определяется.

`$OLD`

Ассоциативный массив, содержащий значения старой строки таблицы для действий `UPDATE` или `DELETE`, либо пустой массив для `INSERT`. Индексами в массиве являются имена столбцов. Столбцы со значениями NULL в нём отсутствуют. Для триггеров уровня оператора этот массив не определяется.

`$args`

Список на языке Tcl аргументов функции, заданных в операторе `CREATE TRIGGER`. Эти аргументы также доступны под обозначениями `$1` ... `$n` в теле функции.

Возвращаемым значением триггерной функции может быть строка `OK` или `SKIP` либо список пар имя столбца/значение. Если возвращается значение `OK`, операция (`INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`), которая привела к срабатыванию триггера, выполняется нормально. Значение `SKIP` указывает менеджеру триггеров просто пропустить эту операцию с текущей строкой данных. Если возвращается список, через него PL/Tcl передаёт менеджеру триггеров изменённую строку; содержимое изменённой строки задаётся именами и значениями столбцов в списке. Все столбцы, не перечисленные в этом списке, получают значения NULL. Возвращать изменённую строку имеет смысл только для триггеров уровня строки с порядком `BEFORE` команд `INSERT` и `UPDATE`, в которых вместо заданной в `$NEW` будет записываться изменённая строка; либо с порядком `INSTEAD OF` команд `INSERT` и `UPDATE`, в которых возвращаемая строка служит исходными данными для предложений `INSERT RETURNING` или `UPDATE RETURNING`. В триггерах уровня строки с порядком `BEFORE` или `INSTEAD OF` команды `DELETE` возврат изменённой строки воспринимается так же, как и возврат значения `OK`, то есть операция выполняется. Для всех остальных типов триггеров возвращаемое значение игнорируется.

Подсказка

Список результатов можно создать из изменённого кортежа, представленного в виде массива, с помощью команды `array get` языка Tcl.

Следующий небольшой пример показывает триггерную функцию, которая ведёт в таблице целочисленный счётчик числа изменений, выполненных в строке. Для новых строк счётчик инициализируется нулевым значением, а затем увеличивается на единицу при каждом изменении.

```
CREATE FUNCTION trigfunc_modcount() RETURNS trigger AS $$
    switch $TG_op {
        INSERT {
            set NEW($1) 0
        }
        UPDATE {
            set NEW($1) $OLD($1)
            incr NEW($1)
        }
        default {
            return OK
        }
    }
    return [array get NEW]
```

```
$$ LANGUAGE pltcl;

CREATE TABLE mytab (num integer, description text, modcnt integer);

CREATE TRIGGER trig_mytab_modcount BEFORE INSERT OR UPDATE ON mytab
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigfunc_modcount('modcnt');
```

Заметьте, что сама триггерная функция не знает имени столбца; оно передаётся в аргументах триггера. Это позволяет применять эту функцию для различных таблиц.

43.7. Функции событийных триггеров в PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать функции событийных триггеров. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая будет вызываться как событийный триггер, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `event_trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело функции в следующих переменных:

`$TG_event`

: Имя события, при котором срабатывает этот триггер.

`$TG_tag`

: Тег команды, для которой срабатывает этот триггер.

Возвращаемое значение триггерной функции игнорируется.

В этом примере мини-функция событийного триггера просто выдаёт замечание (`NOTICE`) при каждом выполнении поддерживаемой команды:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION tclsnitch() RETURNS event_trigger AS $$
  elog NOTICE "tclsnitch: $TG_event $TG_tag"
$$ LANGUAGE pltcl;

CREATE EVENT TRIGGER tcl_a_snitch ON ddl_command_start EXECUTE FUNCTION tclsnitch();
```

43.8. Обработка ошибок в PL/Tcl

Tcl-код, содержащийся или вызываемый из функции PL/Tcl, может выдавать ошибку либо выполняя недопустимую операцию, либо генерируя ошибку с помощью команды `error` языка Tcl или команды `elog` языка PL/Tcl. Такие ошибки могут быть перехвачены в среде Tcl с помощью команды Tcl `catch`. Если ошибка не перехватывается, а распространяется выше уровня выполнения функций PL/Tcl, она передаётся в запрос, вызвавший функцию, как ошибка SQL.

И напротив, ошибки СУБД, возникающие внутри команд `spi_exec`, `spi_prepare` и `spi_execp` в среде PL/Tcl, выдаются как ошибки Tcl, так что их можно перехватить командой Tcl `catch`. (Каждая из этих команд PL/Tcl выполняет SQL-операцию в подтранзакции, которая откатывается в случае ошибки, так что для частично завершённых операций производится автоматическая очистка.) Опять же, если ошибка не перехватывается и распространяется выше верхнего уровня, она становится ошибкой SQL.

В Tcl имеется переменная `errorCode`, представляющая дополнительную информацию об ошибке в виде, удобном для обработки в программах на Tcl. Эта информация передаётся в формате списка Tcl, первое слово в котором указывает на подсистему или библиотеку, выдающую ошибку; последующее содержимое определяется в зависимости от подсистемы или библиотеки. Для ошибок СУБД, возникающих в командах PL/Tcl, первым словом будет `POSTGRES`, вторым — номер версии PostgreSQL, а дополнительные слова представляют пары имя/значения, передающие подробную информацию об ошибке. В этих парах всегда передаются поля `SQLSTATE`, `condition` и `message` (первые два представляют код ошибки и имя условия, как описано в Приложении A). Также могут передаваться поля `detail`, `hint`, `context`, `schema`, `table`, `column`, `datatype`, `constraint`, `statement`, `cursor_position`, `filename`, `lineno` и `funcname`.

С информацией в переменной errorCode среды PL/Tcl удобно работать, загрузив переменную в массив, чтобы имена полей стали индексами в массиве. Пример такого кода:

```
if {[catch { spi_exec $sql_command }]} {
    if {[lindex $::errorCode 0] == "POSTGRES"} {
        array set errorArray $::errorCode
        if {$errorArray(condition) == "undefined_table"} {
            # разобраться с отсутствием таблицы
        } else {
            # разобраться с другими типами ошибок SQL
        }
    }
}
```

(Двойные двоеточия явно указывают, что переменная errorCode является глобальной.)

43.9. Явные подтранзакции в PL/Tcl

Перехват ошибок, произошедших при обращении к базе данных, как описано в Разделе 43.8, может привести к нежелательной ситуации, когда часть операций будет успешно выполнена, прежде чем произойдёт сбой. Данные останутся в несогласованном состоянии после обработки такой ошибки. PL/Tcl предлагает решение этой проблемы в форме явных подтранзакций.

Рассмотрите функцию, реализующую перевод денег между двумя счетами:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds() RETURNS void AS $$
    if [catch {
        spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'"
        spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'"
    } errormsg] {
        set result [format "error transferring funds: %s" $errormsg]
    } else {
        set result "funds transferred successfully"
    }
    spi_exec "INSERT INTO operations (result) VALUES ('[quote $result]')"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Если второй оператор UPDATE выдаст исключение, эта функция запишет в журнал сообщение об ошибке, но результат первого UPDATE будет тем не менее зафиксирован. Другими словами, денежные средства будут списаны со счёта Джо, но не поступят на счёт Мери. Это происходит потому, что каждый вызов spi_exec выполняется в отдельной подтранзакции, а откатывается только одна из подтранзакций.

В таких случаях вы можете обернуть несколько операций с базой данных в одну явную подтранзакцию, которая будет выполнена успешно или отменена как единое целое. Для этого в PL/Tcl есть команда subtransaction. С ней мы можем переписать нашу функцию так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds2() RETURNS void AS $$
    if [catch {
        subtransaction {
            spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'"
            spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'"
        }
    } errormsg] {
        set result [format "error transferring funds: %s" $errormsg]
    } else {
        set result "funds transferred successfully"
```

```
    }
    spi_exec "INSERT INTO operations (result) VALUES ('[quote $result]')"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Заметьте, что и в этом случае нужно использовать `catch`. В противном случае ошибка распространится на верхний уровень функции, что не даст произвести желаемое добавление записи в таблицу `operations`. Команда `subtransaction` не перехватывает ошибки, она только обеспечивает откат всех операций с базой данных в своей области действия в случае ошибки.

Откат явной подтранзакции происходит в случае любых ошибок, сгенерированных вложенным кодом Tcl, а не только ошибок, возникающих при обращении к базе данных. Таким образом, обычное исключение Tcl, возникшее внутри команды `subtransaction`, также приведёт к откату подтранзакции. Однако при выходе из вложенного кода Tcl без ошибки (например, с помощью команды `return`) откат не производится.

43.10. Управление транзакциями

В процедуре, которая вызывается в коде верхнего уровня или в анонимном блоке кода (в команде `DO`), можно управлять транзакциями. Чтобы зафиксировать текущую транзакцию, выполните команду `commit`, а чтобы откатить — `rollback`. (Заметьте, что выполнить SQL-команды `COMMIT` или `ROLLBACK` через `spi_exec` или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE pltcl
AS $$
for {set i 0} {$i < 10} {incr i} {
    spi_exec "INSERT INTO test1 (a) VALUES ($i)"
    if {$i % 2 == 0} {
        commit
    } else {
        rollback
    }
}
$$;

CALL transaction_test1();
```

Транзакции не могут завершаться, когда имеется открытая явная подтранзакция.

43.11. Конфигурация PL/Tcl

В этом разделе описываются параметры конфигурации, влияющие на работу PL/Tcl.

`pltcl.start_proc` (`string`)

: В этом параметре, если он не пуст, задаётся имя (возможно, дополненное схемой) функции на языке PL/Tcl без параметров, которая будет выполняться, когда для PL/Tcl будет создаваться новый экземпляр Tcl. Такая функция может выполнять инициализацию в рамках сеанса, например, загружать дополнительный код Tcl. Новый интерпретатор Tcl создаётся при первом выполнении какой-либо функции PL/Tcl в сеансе базы данных или когда требуется дополнительный интерпретатор из-за того, что функция PL/Tcl была вызвана новой ролью SQL.

  Указанная функция должна быть написана на языке `pltcl` и не должна иметь свойство `SECURITY DEFINER`. (Благодаря этим ограничениям эта функция будет запускаться в интерпретаторе, который она должна инициализировать.) Текущий пользователь должен иметь право и на её выполнение тоже.

Если эта функция завершится ошибкой, эта ошибка прервёт вызов функции, которой потребовался новый интерпретатор, и распространится в вызывающий запрос, приводя к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. Любые действия, уже произведённые в среде Tcl, отменены не будут; однако этот интерпретатор более не будет использоваться. При следующей попытке использования этого языка последует повторная попытка инициализации со свежим интерпретатором Tcl.

Изменять этот параметр разрешено только суперпользователям. Хотя изменить его можно в рамках сеанса, такие изменения не повлияют на работу интерпретаторов Tcl, созданных ранее.

`pltclu.start_proc` (`string`)

Это параметр полностью аналогичен `pltcl.start_proc`, но применяется к PL/TclU. Указанная функция должна быть написана на языке `pltclu`.

43.12. Имена процедур Tcl

В PostgreSQL одно имя функции может использоваться разными определениями функций, если они имеют разное число и типы аргументов. Tcl, однако, требует, чтобы имена всех процедур различались. PL/Tcl решает эту проблему, устанавливая такие внутренние имена процедур Tcl, чтобы они включали в свой состав OID функции из системной таблицы `pg_proc`. Таким образом, функциям PostgreSQL с одним именем и разными типами аргументов так же будут соответствовать различные процедуры Tcl. Это обычно остаётся незамеченным для программиста PL/Tcl, но может проявиться при отладке.

Глава 44. PL/Perl — процедурный язык Perl

PL/Perl — это загружаемый процедурный язык, позволяющий реализовывать функции и процедуры PostgreSQL на *языке программирования Perl*.

Основным преимуществом PL/Perl является то, что он позволяет применять в сохранённых функциях и процедурах множество функций и операторов «перемалывания строк», имеющихся в Perl. Разобрать сложные строки на языке Perl может быть гораздо проще, чем используя строковые функции и управляющие структуры в PL/pgSQL.

Чтобы установить PL/Perl в определённую базу данных, выполните команду `CREATE EXTENSION plperl`.

> **Подсказка**
>
> Если язык устанавливается в `template1`, он будет автоматически установлен во все создаваемые впоследствии базы данных.

> **Примечание**
>
> Пользователи, имеющие дело с исходным кодом, должны явно включить сборку PL/Perl в процессе установки. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 16.) Пользователи двоичных пакетов могут найти PL/Perl в отдельном модуле.

44.1. Функции на PL/Perl и их аргументы

Чтобы создать функцию на языке PL/Perl, используйте стандартный синтаксис CREATE FUNCTION:

```
CREATE FUNCTION имя_функции (типы-аргументов)
RETURNS тип-результата
-- здесь описываются атрибуты функции
AS $$
    # Тело функции на PL/Perl
$$ LANGUAGE plperl;
```

Тело функции содержит обычный код Perl. Фактически, код обвязки PL/Perl помещает этот код в подпрограмму Perl. Функция PL/Perl вызывается в скалярном контексте, так что она не может вернуть список. Не скалярные значения (массивы, записи и множества) можно вернуть по ссылке, как описывается ниже.

В процедуре PL/Perl возвращаемое из кода Perl значение игнорируется.

PL/Perl также поддерживает анонимные блоки кода, которые выполняются оператором DO:

```
DO $$
    # Код PL/Perl
$$ LANGUAGE plperl;
```

Анонимный блок кода не принимает аргументы, а любое значение, которое он мог бы вернуть, отбрасывается. В остальном он работает подобно коду функции.

> **Примечание**
>
> Использовать вложенные именованные подпрограммы в Perl опасно, особенно если они обращаются к лексическим переменным в окружающей области. Так как функция PL/Perl оборачивается в подпрограмму, любая именованная функция внутри неё будет вложенной. Вообще гораздо безопаснее создавать анонимные подпрограммы и вызывать их по ссылке на код. Дополнительную информацию вы можете получить на странице руководства man perldiag,

> в описании ошибок `Variable "%s" will not stay shared` (Переменная "%s" не останется разделяемой) и `Variable "%s" is not available` (Переменная "%s" недоступна), либо найти в Интернете по ключевым словам «perl nested named subroutine» (perl вложенная именованная подпрограмма).

Синтаксис команды `CREATE FUNCTION` требует, чтобы тело функции было записано как строковая константа. Обычно для этого удобнее всего заключать строковую константу в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4). Если вы решите применять синтаксис спецпоследовательностей `E''`, вам придётся дублировать апострофы (`'`) и обратную косую черту (`\`) в теле функции (см. Подраздел 4.1.2.1).

Аргументы и результат обрабатываются как и в любой другой подпрограмме на Perl: аргументы передаются в `@_`, а результирующим значением будет указанное в `return` или полученное в последнем выражении, вычисленном в функции.

Например, функцию, возвращающую большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION perl_max (integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if ($_[0] > $_[1]) { return $_[0]; }
    return $_[1];
$$ LANGUAGE plperl;
```

> ### Примечание
>
> Аргументы будут преобразованы из кодировки базы данных в UTF-8 для использования в PL/Perl, а при выходе снова будут преобразованы из UTF-8 в кодировку базы данных.

Если функции передаётся NULL-значение SQL, значением аргумента в Perl станет «undefined». Показанное выше определение функции будет не очень хорошо обрабатывать значения NULL (в действительности они будут восприняты как нули). Мы могли бы добавить указание `STRICT` в это определение, чтобы PostgreSQL поступал немного разумнее: при передаче значения NULL функция вовсе не будет вызываться, будет сразу возвращён результат NULL. С другой стороны, мы могли бы проверить значения undefined в теле функции. Например, предположим, что нам нужна функция `perl_max`, которая с одним аргументом NULL и вторым аргументом не NULL должна возвращать не NULL, а второй аргумент:

```
CREATE FUNCTION perl_max (integer, integer) RETURNS integer AS $$
    my ($x, $y) = @_;
    if (not defined $x) {
        return undef if not defined $y;
        return $y;
    }
    return $x if not defined $y;
    return $x if $x > $y;
    return $y;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Как показано выше, чтобы выдать значение SQL NULL, нужно вернуть значение undefined. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

Всё в аргументах функции, что не является ссылкой, является строкой, то есть стандартным для PostgreSQL внешним текстовым представлением соответствующего типа данных. В случае с обычными числовыми или текстовыми типами, Perl просто воспринимает их должным образом, и программист, как правило, может об этом не думать. Однако в более сложных случаях может потребоваться преобразовать аргумент в форму, подходящую для использования в Perl. Например, для преобразования типа `bytea` в двоичное значение можно использовать функцию `decode_bytea`.

Аналогично, значения, передаваемые в PostgreSQL, должны быть в формате внешнего текстового представления. Например, для подготовки двоичных данных к возврату в значении `bytea` можно воспользоваться функцией `encode_bytea`.

Особого внимания заслуживает поведение с логическими значениями. Как только что было сказано, по умолчанию значения `bool` передаются в Perl в текстовом виде, то есть как `'t'` или `'f'`. И здесь возникает проблема, так как Perl не будет воспринимать `'f'` как false! Улучшить ситуацию можно, воспользовавшись «трансформацией» (см. CREATE TRANSFORM). Нужные трансформации реализованы в расширении `bool_plperl`. Чтобы применить их, установите расширение:

```
CREATE EXTENSION bool_plperl;  -- или bool_plperlu для PL/PerlU
```

Затем используйте атрибут `TRANSFORM` для функции на PL/Perl, которая принимает или выдаёт `bool`, например:

```
CREATE FUNCTION perl_and(bool, bool) RETURNS bool
TRANSFORM FOR TYPE bool
AS $$
  my ($a, $b) = @_;
  return $a && $b;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Когда будет применяться эта трансформация, Perl будет получать аргументы `bool` как `1` или пустое значение, что для Perl будет выглядеть как true или false. Если функция возвращает результат типа `bool`, будет выдаваться значение true или false, в зависимости от того, считается ли в Perl результат истинным или нет. Подобные трансформации также выполняются для аргументов и результатов SPI-запросов, выполняемых внутри функции (Подраздел 44.3.1).

Perl может возвращать массивы PostgreSQL как ссылки на массивы Perl. Например, так:

```
CREATE OR REPLACE function returns_array()
RETURNS text[][] AS $$
    return [['a"b','c,d'],['e\\f','g']];
$$ LANGUAGE plperl;

select returns_array();
```

Perl передаёт массивы PostgreSQL как объект, сопоставленный с `PostgreSQL::InServer::ARRAY`. С этим объектом можно работать как со ссылкой на массив или строкой, что допускает обратную совместимость с кодом Perl, написанным для PostgreSQL версии до 9.1. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION concat_array_elements(text[]) RETURNS TEXT AS $$
    my $arg = shift;
    my $result = "";
    return undef if (!defined $arg);

    # в качестве ссылки на массив
    for (@$arg) {
        $result .= $_;
    }

    # также работает со строкой
    $result .= $arg;

    return $result;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT concat_array_elements(ARRAY['PL','/','Perl']);
```

Примечание

Многомерные массивы представляются как ссылки на массивы меньшей размерности со ссылками — этот способ хорошо знаком каждому программисту на Perl.

Аргументы составного типа передаются функции как ссылки на хеши. Ключами хеша являются имена атрибутов составного типа. Например:

```
CREATE TABLE employee (
    name text,
    basesalary integer,
    bonus integer
);

CREATE FUNCTION empcomp(employee) RETURNS integer AS $$
    my ($emp) = @_;
    return $emp->{basesalary} + $emp->{bonus};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT name, empcomp(employee.*) FROM employee;
```

Функция на PL/Perl может вернуть результат составного типа, применяя тот же подход: возвратить ссылку на хеш с требуемыми атрибутами. Например, так:

```
CREATE TYPE testrowperl AS (f1 integer, f2 text, f3 text);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_row() RETURNS testrowperl AS $$
    return {f2 => 'hello', f1 => 1, f3 => 'world'};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_row();
```

Столбцы объявленного типа результата, отсутствующие в хеше, будут возвращены как значения NULL.

Подобным образом в виде ссылки на хеш могут быть возвращены выходные аргументы процедуры:

```
CREATE PROCEDURE perl_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
    my ($a, $b) = @_;
    return {a => $a * 3, b => $b * 3};
$$ LANGUAGE plperl;

CALL perl_triple(5, 10);
```

Функции на PL/Perl могут также возвращать множества со скалярными или составными типами. Обычно желательно возвращать результат по одной строке, чтобы сократить время подготовки с одной стороны, и чтобы не потребовалось накапливать весь набор данных в памяти, с другой. Это можно реализовать с помощью функции `return_next`, как показано ниже. Заметьте, что после последнего вызова `return_next`, нужно поместить `return` или (что лучше) `return undef`.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set_int(int)
RETURNS SETOF INTEGER AS $$
    foreach (0..$_[0]) {
        return_next($_);
    }
    return undef;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set_int(5);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set()
RETURNS SETOF testrowperl AS $$
    return_next({ f1 => 1, f2 => 'Hello', f3 => 'World' });
    return_next({ f1 => 2, f2 => 'Hello', f3 => 'PostgreSQL' });
    return_next({ f1 => 3, f2 => 'Hello', f3 => 'PL/Perl' });
    return undef;
```

```
$$ LANGUAGE plperl;
```

Для небольших наборов данных можно также вернуть ссылку на массив, содержащий скаляры, ссылки на массивы, либо ссылки на хеши для простых типов, типов массивов и составных типов, соответственно. Ниже приведена пара простых примеров, показывающих, как возвратить весь набор данных в виде ссылки на массив:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set_int(int) RETURNS SETOF INTEGER AS $$
    return [0..$_[0]];
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set_int(5);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set() RETURNS SETOF testrowperl AS $$
    return [
        { f1 => 1, f2 => 'Hello', f3 => 'World' },
        { f1 => 2, f2 => 'Hello', f3 => 'PostgreSQL' },
        { f1 => 3, f2 => 'Hello', f3 => 'PL/Perl' }
    ];
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set();
```

Если вы хотите использовать в своём коде `strict`, у вас есть несколько вариантов. Для временного глобального использования вы можете задать для `plperl.use_strict` значение true командой `SET`. Это повлияет на компилируемые впоследствии функции PL/Perl, но не на функции, уже скомпилированные в текущем сеансе. Для постоянного глобального использования вы можете присвоить параметру `plperl.use_strict` значение true в файле `postgresql.conf`.

Для постоянного использования strict в определённых функциях вы можете просто написать:

```
use strict;
```

в начале тела этих функций.

Вы также можете использовать указания `feature` в `use`, если используете Perl версии 5.10.0 или новее.

44.2. Значения в PL/Perl

Значения аргументов, передаваемые в код функции PL/Perl, представляют собой просто входные аргументы, преобразованные в текстовый вид (так же, как при выводе оператором `SELECT`). И наоборот, команды `return` и `return_next` могут принять любую строку, соответствующую формату ввода для объявленного типа результата функции.

Если это поведение в каких-то случаях не устраивает, его можно улучшить, воспользовавшись трансформацией, что было проиллюстрировано выше на примере значений `bool`. Несколько примеров модулей трансформации включены в состав дистрибутива PostgreSQL.

44.3. Встроенные функции

44.3.1. Обращение к базе данных из PL/Perl

Обращаться к самой базе данных из кода Perl можно, используя следующие функции:

`spi_exec_query(`*`query`*` [, `*`предел`*`])`

Функция `spi_exec_query` выполняет команду SQL и возвращает весь набор строк в виде ссылки на массив хешей. Если *предел* задан и больше нуля, то `spi_exec_query` получает число строк, не превышающее *предел*, как если бы запрос включал предложение `LIMIT`. Без указания *предела* или когда он равен нулю, ограничение на количество строк снимается.

Эту функцию следует использовать, только если вы знаете, что набор будет относительно небольшим. Так выглядит пример запроса (`SELECT`) с дополнительно заданным максимальным числом строк:

```
$rv = spi_exec_query('SELECT * FROM my_table', 5);
```

Этот запрос возвращает не больше 5 строк из таблицы `my_table`. Если в `my_table` есть столбец `my_column`, получить его значение из строки `$i` результата можно следующим образом:

```
$foo = $rv->{rows}[$i]->{my_column};
```

Общее число строк, возвращённых запросом `SELECT`, можно получить так:

```
$nrows = $rv->{processed}
```

Так можно выполнить команду другого типа:

```
$query = "INSERT INTO my_table VALUES (1, 'test')";
$rv = spi_exec_query($query);
```

Затем можно получить статус команды (например, `SPI_OK_INSERT`) следующим образом:

```
$res = $rv->{status};
```

Чтобы получить число затронутых строк, выполните:

```
$nrows = $rv->{processed};
```

Полный пример:

```
CREATE TABLE test (
    i int,
    v varchar
);

INSERT INTO test (i, v) VALUES (1, 'first line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (2, 'second line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (3, 'third line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (4, 'immortal');

CREATE OR REPLACE FUNCTION test_munge() RETURNS SETOF test AS $$
    my $rv = spi_exec_query('select i, v from test;');
    my $status = $rv->{status};
    my $nrows = $rv->{processed};
    foreach my $rn (0 .. $nrows - 1) {
        my $row = $rv->{rows}[$rn];
        $row->{i} += 200 if defined($row->{i});
        $row->{v} =~ tr/A-Za-z/a-zA-Z/ if (defined($row->{v}));
        return_next($row);
    }
    return undef;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM test_munge();
```

`spi_query(`*команда*`)`
`spi_fetchrow(`*cursor*`)`
`spi_cursor_close(`*cursor*`)`

Функции `spi_query` и `spi_fetchrow` применяются в паре, когда набор строк может быть очень большим или когда нужно возвращать строки по мере их поступления. Функция `spi_fetchrow` работает *только* с `spi_query`. Следующий пример показывает, как использовать их вместе:

```
CREATE TYPE foo_type AS (the_num INTEGER, the_text TEXT);

CREATE OR REPLACE FUNCTION lotsa_md5 (INTEGER) RETURNS SETOF foo_type AS $$
    use Digest::MD5 qw(md5_hex);
    my $file = '/usr/share/dict/words';
    my $t = localtime;
    elog(NOTICE, "opening file $file at $t" );
    open my $fh, '<', $file # здесь мы обращаемся к файлу!
        or elog(ERROR, "cannot open $file for reading: $!");
    my @words = <$fh>;
    close $fh;
    $t = localtime;
    elog(NOTICE, "closed file $file at $t");
    chomp(@words);
    my $row;
    my $sth = spi_query("SELECT * FROM generate_series(1,$_[0]) AS b(a)");
    while (defined ($row = spi_fetchrow($sth))) {
        return_next({
            the_num => $row->{a},
            the_text => md5_hex($words[rand @words])
        });
    }
    return;
$$ LANGUAGE plperlu;

SELECT * from lotsa_md5(500);
```

Обычно вызов `spi_fetchrow` нужно повторять, пока не будет получен результат `undef`, показывающий, что все строки уже прочитаны. Курсор, возвращаемый функцией `spi_query`, автоматически освобождается, когда `spi_fetchrow` возвращает `undef`. Если вы не хотите читать все строки, освободите курсор, выполнив `spi_cursor_close`, чтобы не допустить утечки памяти.

`spi_prepare(`*команда*`,` *типы аргументов*`)`
`spi_query_prepared(`*план*`,` *аргументы*`)`
`spi_exec_prepared(`*план* `[,` *атрибуты*`],` *аргументы*`)`
`spi_freeplan(`*план*`)`

Функции `spi_prepare`, `spi_query_prepared`, `spi_exec_prepared` и `spi_freeplan` реализуют ту же функциональность, но для подготовленных запросов. Функция `spi_prepare` принимает строку запроса с нумерованными местозаполнителями аргументов ($1, $2 и т. д.) и список строк с типами аргументов:

```
$plan = spi_prepare('SELECT * FROM test WHERE id > $1 AND name = $2',
                                                     'INTEGER', 'TEXT');
```

План запроса, подготовленный вызовом `spi_prepare`, можно использовать вместо строки запроса либо в `spi_exec_prepared`, возвращающей тот же результат, что и `spi_exec_query`, либо в `spi_query_prepared`, возвращающей курсор так же, как `spi_query`, который затем можно передать в `spi_fetchrow`. В необязательном втором параметре `spi_exec_prepared` можно передать хеш с атрибутами; в настоящее время поддерживается только атрибут `limit`, задающий максимальное число строк, которое может вернуть запрос. Без указания `limit` или при указании его равным нулю ограничение на количество строк снимается.

Подготовленные запросы хороши тем, что позволяют использовать единожды подготовленный план для неоднократного выполнения запроса. Когда план оказывается не нужен, его можно освободить, вызвав `spi_freeplan`:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION init() RETURNS VOID AS $$
        $_SHARED{my_plan} = spi_prepare('SELECT (now() + $1)::date AS now',
                                        'INTERVAL');
```

```
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION add_time( INTERVAL ) RETURNS TEXT AS $$
        return spi_exec_prepared(
                $_SHARED{my_plan},
                $_[0]
        )->{rows}->[0]->{now};
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION done() RETURNS VOID AS $$
        spi_freeplan( $_SHARED{my_plan});
        undef $_SHARED{my_plan};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT init();
SELECT add_time('1 day'), add_time('2 days'), add_time('3 days');
SELECT done();

  add_time  |  add_time  |  add_time
------------+------------+------------
 2005-12-10 | 2005-12-11 | 2005-12-12
```

Заметьте, что параметры для `spi_prepare` обозначаются как $1, $2, $3 и т. д., так что по возможности не записывайте строки запросов в двойных кавычках, чтобы не спровоцировать трудноуловимые ошибки.

Ещё один пример, иллюстрирующий использование необязательного параметра `spi_exec_prepared`:

```
CREATE TABLE hosts AS SELECT id, ('192.168.1.'||id)::inet AS address
                      FROM generate_series(1,3) AS id;

CREATE OR REPLACE FUNCTION init_hosts_query() RETURNS VOID AS $$
        $_SHARED{plan} = spi_prepare('SELECT * FROM hosts
                                      WHERE address << $1', 'inet');
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION query_hosts(inet) RETURNS SETOF hosts AS $$
        return spi_exec_prepared(
                $_SHARED{plan},
                {limit => 2},
                $_[0]
        )->{rows};
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION release_hosts_query() RETURNS VOID AS $$
        spi_freeplan($_SHARED{plan});
        undef $_SHARED{plan};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT init_hosts_query();
SELECT query_hosts('192.168.1.0/30');
SELECT release_hosts_query();

    query_hosts
-----------------
 (1,192.168.1.1)
 (2,192.168.1.2)
(2 rows)
```

`spi_commit()`
`spi_rollback()`

Эти функции фиксируют или откатывают текущую транзакцию. Они могут вызываться только в процедурах или в анонимных блоках кода (в команде `DO`), вызываемых из кода верхнего уровня. (Заметьте, что выполнить SQL-команды `COMMIT` или `ROLLBACK` через `spi_exec_query` или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plperl
AS $$
foreach my $i (0..9) {
    spi_exec_query("INSERT INTO test1 (a) VALUES ($i)");
    if ($i % 2 == 0) {
        spi_commit();
    } else {
        spi_rollback();
    }
}
$$;

CALL transaction_test1();
```

44.3.2. Вспомогательные функции в PL/Perl

`elog(`*уровень*`,` *сообщение*`)`

Выдаёт служебное сообщение или сообщение об ошибке. Возможные уровни сообщений: `DEBUG` (ОТЛАДКА), `LOG` (СООБЩЕНИЕ), `INFO` (ИНФОРМАЦИЯ), `NOTICE` (ЗАМЕЧАНИЕ), `WARNING` (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ) и `ERROR` (ОШИБКА). С уровнем `ERROR` выдаётся ошибка; если она не перехватывается окружающим кодом Perl, она распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. По сути то же самое делает команда `die` языка Perl. При использовании других уровней происходит просто вывод сообщения с заданным уровнем важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиенту и/или записываться в журнал, определяется конфигурационными параметрами log_min_messages и client_min_messages. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

`quote_literal(`*строка*`)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве текстовой строки в SQL-операторе. Включённые в неё апострофы и обратная косая черта при этом дублируются. Заметьте, что `quote_literal` возвращает undef, когда получает аргумент undef; если такие аргументы возможны, часто лучше использовать `quote_nullable`.

`quote_nullable(`*строка*`)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве текстовой строки в SQL-операторе; либо, если поступает аргумент undef, возвращает строку «NULL» (без кавычек). Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом.

`quote_ident(`*строка*`)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве идентификатора в SQL-операторе. При необходимости идентификатор заключается в кавычки (например, если он содержит символы, недопустимые в открытом виде, или буквы в разном регистре). Если переданная строка содержит кавычки, они дублируются.

`decode_bytea(`*строка*`)`

Возвращает неформатированные двоичные данные, представленные содержимым заданной строки, которая должна быть закодирована как `bytea`.

`encode_bytea(`*строка*`)`

Возвращает закодированные в виде `bytea` двоичные данные, содержащиеся в переданной строке.

`encode_array_literal(`*массив*`)`
`encode_array_literal(`*массив*`, `*разделитель*`)`

Возвращает содержимое указанного массива в виде строки в формате массива (см. Подраздел 8.15.2). Возвращает значение аргумента неизменённым, если это не ссылка не массив. Разделитель элементов в строке массива по умолчанию — «, » (если разделитель не определён или undef).

`encode_typed_literal(`*значение*`, `*имя_типа*`)`

Преобразует переменную Perl в значение типа данных, указанного во втором аргументе, и возвращает строковое представление этого значения. Корректно обрабатывает вложенные массивы и значения составных типов.

`encode_array_constructor(`*массив*`)`

Возвращает содержимое переданного массива в виде строки в формате конструктора массива (см. Подраздел 4.2.12). Отдельные значения заключаются в кавычки функцией `quote_nullable`. Возвращает значение аргумента, заключённое в кавычки функцией `quote_nullable`, если аргумент — не ссылка на массив.

`looks_like_number(`*строка*`)`

Возвращает значение true, если содержимое переданной строки похоже на число, по правилам Perl, и false в обратном случае. Возвращает undef для аргумента undef. Ведущие и замыкающие пробелы игнорируются. Строки `Inf` и `Infinity` считаются представляющими число (бесконечность).

`is_array_ref(`*аргумент*`)`

Возвращает значение true, если переданный аргумент можно воспринять как ссылку на массив, то есть это ссылка на `ARRAY` или `PostgreSQL::InServer::ARRAY`. В противном случае возвращает false.

44.4. Глобальные значения в PL/Perl

Вы можете использовать для хранения данных, включая ссылки на код, глобальный хеш `%_SHARED`. Эти данные будут сохраняться между вызовами функции на протяжении всего текущего сеанса.

Простой пример работы с разделяемыми данными:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION set_var(name text, val text) RETURNS text AS $$
    if ($_SHARED{$_[0]} = $_[1]) {
        return 'ok';
    } else {
        return "cannot set shared variable $_[0] to $_[1]";
    }
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_var(name text) RETURNS text AS $$
    return $_SHARED{$_[0]};
$$ LANGUAGE plperl;
```

```
SELECT set_var('sample', 'Hello, PL/Perl!  How''s tricks?');
SELECT get_var('sample');
```

Это чуть более сложный пример, в котором используется ссылка на код:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION myfuncs() RETURNS void AS $$
    $_SHARED{myquote} = sub {
        my $arg = shift;
        $arg =~ s/(['\\])/\\$1/g;
        return "'$arg'";
    };
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT myfuncs(); /* инициализация функции */

/* Определение функции, использующей функцию заключения в кавычки */

CREATE OR REPLACE FUNCTION use_quote(TEXT) RETURNS text AS $$
    my $text_to_quote = shift;
    my $qfunc = $_SHARED{myquote};
    return &$qfunc($text_to_quote);
$$ LANGUAGE plperl;
```

(Код выше можно было бы упростить до однострочной команды `return $_SHARED{myquote}->($_[0]);` в ущерб читаемости.)

По соображениям безопасности, PL/Perl выполняет функции, вызываемые некоторой ролью SQL, в отдельном интерпретаторе Perl, выделенном для этой роли. Это предотвращает случайное или злонамеренное влияние одного пользователя на поведение функций PL/Perl другого пользователя. В каждом интерпретаторе будет своё значение переменной `%_SHARED` и собственное глобальное состояние. Таким образом, две функции PL/Perl будут разделять одно значение `%_SHARED`, только если они выполняются одной ролью SQL. В приложении, выполняющем код в одном сеансе с разными ролями SQL (вызывающем функции `SECURITY DEFINER`, использующем команду `SET ROLE` и т. д.) может понадобиться явно предпринять дополнительные меры, чтобы функции на PL/Perl могли разделять данные через `%_SHARED`. Для этого сначала установите для функций, которые должны взаимодействовать, одного владельца, а затем задайте для них свойство `SECURITY DEFINER`. Разумеется, при этом нужно позаботиться о том, чтобы эти функции не могли сделать ничего непредусмотренного.

44.5. Доверенный и недоверенный PL/Perl

Обычно PL/Perl устанавливается в базу данных как «доверенный» язык программирования с именем `plperl`. При этом в целях безопасности определённые операции в Perl запрещаются. Вообще говоря, запрещаются все операции, взаимодействующие с окружением. В том числе, это операции с файлами, `require` и `use` (для внешних модулей). Поэтому функции на PL/Perl, в отличие от функций на C, никаким образом не могут взаимодействовать с внутренними механизмами сервера баз данных или обращаться к операционной системе с правами серверного процесса. Вследствие этого, использовать этот язык можно разрешить любому непривилегированному пользователю баз данных.

> **Предупреждение**
>
> Доверенный PL/Perl использует модуль Perl `Opcode` в целях безопасности. Однако в *документации* Perl указано, что этот модуль не эффективен в работе с доверенным PL/Perl. Если требуется повышенная безопасность, будет целесообразно выполнить команду `REVOKE USAGE ON LANGUAGE plperl FROM PUBLIC`.

В следующем примере показана функция, которая не будет работать, потому что операции с файловой системы запрещены по соображениям безопасности:

```
CREATE FUNCTION badfunc() RETURNS integer AS $$
    my $tmpfile = "/tmp/badfile";
    open my $fh, '>', $tmpfile
        or elog(ERROR, qq{could not open the file "$tmpfile": $!});
    print $fh "Testing writing to a file\n";
    close $fh or elog(ERROR, qq{could not close the file "$tmpfile": $!});
    return 1;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Создать эту функцию не удастся, так как при проверке её правильности будет обнаружено использование запрещённого оператора.

Иногда возникает желание написать на Perl код, функциональность которого не будет ограничиваться. Например, может потребоваться функция на Perl, которая будет посылать почту. Для таких потребностей PL/Perl также можно установить как «недоверенный» язык (обычно его называют PL/PerlU). В этом случае будут доступны все возможности языка Perl. Устанавливая язык, укажите имя `plperlu`, чтобы выбрать недоверенную вариацию PL/Perl.

Автор функции на PL/PerlU должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных. Заметьте, что СУБД позволяет создавать функции на недоверенных языках только суперпользователям базы данных.

Если показанная выше функция будет создана суперпользователем, и при этом будет выбран язык `plperlu`, она выполнится успешно.

Таким же образом, в анонимном блоке кода на Perl разрешены абсолютно любые операции, если в качестве языка вместо `plperl` выбирается `plperlu`, но выполнять этот код должен суперпользователь.

Примечание

Тогда как функции на PL/Perl исполняются отдельными интерпретаторами Perl для каждой роли SQL, все функции на PL/PerlU, вызываемые в рамках сеанса, исполняются в одном интерпретаторе Perl (отличном от тех, что исполняют функции PL/Perl). Благодаря этому, функции PL/PerlU могут свободно разделять общие данные, но между функциями PL/Perl и PL/PerlU взаимодействие невозможно.

Примечание

Perl поддерживает работу нескольких интерпретаторов в одном процессе, только если он был собран с нужными флагами, а именно, с флагом `usemultiplicity` или с флагом `useithreads`. (В отсутствие веских причин использовать потоки предпочтительным является вариант `usemultiplicity`. Дополнительную информацию вы можете получить на странице man perlembed.) При использовании PL/Perl с версией Perl, собранной без этих флагов, в рамках сеанса можно будет запустить только один интерпретатор Perl, так что в сеансе будет возможно выполнять либо функции PL/PerlU, либо функции PL/Perl (и вызывать их должна одна роль SQL).

44.6. Триггеры на PL/Perl

PL/Perl можно использовать для написания триггерных функций. В триггерной функции хеш-массив `$_TD` содержит информацию о произошедшем событии триггера. `$_TD` — глобальная переменная, которая получает нужное локальное значение при каждом вызове триггера. Хеш-массив `$_TD` содержит следующие поля:

`$_TD->{new}{foo}`
: Новое значение столбца `foo`

`$_TD->{old}{foo}`
: Старое значение столбца `foo`

`$_TD->{name}`
: Имя вызываемого триггера

`$_TD->{event}`
: Событие триггера: `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE` или `UNKNOWN`

`$_TD->{when}`
: Когда вызывается триггер: `BEFORE` (ДО), `AFTER` (ПОСЛЕ), `INSTEAD OF` (ВМЕСТО) или `UNKNOWN` (НЕИЗВЕСТНО)

`$_TD->{level}`
: Уровень триггера: `ROW` (СТРОКА), `STATEMENT` (ОПЕРАТОР) или `UNKNOWN` (НЕИЗВЕСТНЫЙ)

`$_TD->{relid}`
: OID таблицы, для которой сработал триггер

`$_TD->{table_name}`
: Имя таблицы, для которой сработал триггер

`$_TD->{relname}`
: Имя таблицы, для которой сработал триггер. Это обращение устарело и может быть ликвидировано в будущем выпуске. Используйте вместо него $_TD->{table_name}.

`$_TD->{table_schema}`
: Имя схемы, содержащей таблицу, для которой сработал триггер

`$_TD->{argc}`
: Число аргументов в триггерной функции

`@{$_TD->{args}}`
: Аргументы триггерной функции. Не определено, если `$_TD->{argc}` равно 0.

В триггерах уровня строки возможны следующие варианты возврата:

`return;`
: Выполнить операцию

`"SKIP"`
: Не выполнять операцию

`"MODIFY"`
: Указывает, что строка `NEW` была изменена триггерной функцией

Следующий пример триггерной функции иллюстрирует описанные выше варианты:

```
CREATE TABLE test (
    i int,
    v varchar
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION valid_id() RETURNS trigger AS $$
    if (($_TD->{new}{i} >= 100) || ($_TD->{new}{i} <= 0)) {
        return "SKIP";    # пропустить команду INSERT/UPDATE
    } elsif ($_TD->{new}{v} ne "immortal") {
        $_TD->{new}{v} .= "(modified by trigger)";
        return "MODIFY";  # изменить строку и выполнить команду INSERT/UPDATE
    } else {
        return;           # выполнить команду INSERT/UPDATE
    }
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE TRIGGER test_valid_id_trig
    BEFORE INSERT OR UPDATE ON test
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION valid_id();
```

44.7. Событийные триггеры на PL/Perl

PL/Perl можно использовать для написания функций событийных триггеров. В функции событийного триггера хеш-массив `$_TD` содержит информацию о произошедшем событии триггера. `$_TD` — глобальная переменная, которая получает нужное локальное значение при каждом вызове триггера. Хеш-массив `$_TD` содержит следующие поля:

`$_TD->{event}`

Имя события, при котором срабатывает этот триггер.

`$_TD->{tag}`

Тег команды, для которой срабатывает этот триггер.

Возвращаемое значение триггерной функции игнорируется.

Следующий пример функции событийного триггера иллюстрирует описанное выше:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perlsnitch() RETURNS event_trigger AS $$
  elog(NOTICE, "perlsnitch: " . $_TD->{event} . " " . $_TD->{tag} . " ");
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE EVENT TRIGGER perl_a_snitch
    ON ddl_command_start
    EXECUTE FUNCTION perlsnitch();
```

44.8. Внутренние особенности PL/Perl

44.8.1. Конфигурирование

В этом разделе описываются параметры конфигурации, влияющие на работу PL/Perl.

`plperl.on_init` (`string`)

Задаёт код Perl, который будет выполняться при первой инициализации интерпретатора Perl, до того, как он получает специализацию `plperl` или `plperlu`. Когда этот код выполняется, функции SPI ещё не доступны. Если выполнение кода завершается ошибкой, инициализация интерпретатора прерывается и ошибка распространяется в вызывающий запрос, в результате чего текущая транзакция или подтранзакция прерывается.

Размер этого кода ограничивается одной строкой. Более объёмный код можно поместить в модуль и загрузить этот модуль в строке `on_init`. Например:

```
plperl.on_init = 'require "plperlinit.pl"'
plperl.on_init = 'use lib "/my/app"; use MyApp::PgInit;'
```

Любые модули, загруженные в `plperl.on_init`, явно или неявно, будут доступны для использования в коде на языке `plperl`. Это может создать угрозу безопасности. Чтобы определить, какие модули были загружены, можно выполнить:

```
DO 'elog(WARNING, join ", ", sort keys %INC)' LANGUAGE plperl;
```

Если библиотека `plperl` включена в shared_preload_libraries, инициализация произойдёт в главном процессе (postmaster) и в этом случае необходимо очень серьёзно оценить риск нарушения работоспособности этого процесса. Основной смысл использовать эту возможность в том, чтобы модули Perl, подключаемые в `plperl.on_init`, загружались только при запуске главного процесса, и это исключало бы издержки загрузки для отдельных сеансов. Однако имейте в виду, что эти издержки исключаются только при загрузке в сеансе первого интерпретатора Perl — будь то PL/PerlU или PL/Perl для первой SQL-роли, вызывающей функцию на PL/Perl. Любые дополнительные интерпретаторы Perl, создаваемые в сеансе базы данных, должны будут выполнять `plperl.on_init` заново. Также учтите, что в Windows предварительная загрузка не даёт никакого выигрыша, так как интерпретатор Perl, созданный в главном процессе, не передаётся дочерним процессам.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`plperl.on_plperl_init` (`string`)
`plperl.on_plperlu_init` (`string`)

В этих параметрах задаётся код Perl, который будет выполняться в момент, когда интерпретатор Perl получает специализацию `plperl` или `plperlu`, соответственно. Это произойдёт, когда в рамках сеанса будет первый раз вызвана функция на PL/Perl или PL/PerlU, либо когда потребуется дополнительный интерпретатор при использовании другого языка или при вызове функции PL/Perl новой SQL-ролью. Этот код выполняется после инициализации, произведённой в `plperl.on_init`. Однако функции SPI в момент исполнения этого кода ещё не доступны. Код в `plperl.on_plperl_init` запускается после того, как интерпретатор «помещается под замок», так что в нём разрешаются только доверенные операции.

Если этот код завершается ошибкой, инициализация прерывается и ошибка распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. При этом любые действия, уже произведённые в Perl, не будут отменены; однако использоваться этот интерпретатор больше не будет. При следующей попытке использовать этот язык система попытается заново инициализировать свежий интерпретатор Perl.

Изменять эти параметры разрешено только суперпользователям. Хотя изменить их можно в рамках сеанса, такие изменения не повлияют на работу интерпретаторов Perl, задействованных для выполнения функций ранее.

`plperl.use_strict` (`boolean`)

При значении, равном true, последующая компиляция функций PL/Perl будет выполняться с включённым указанием `strict`. Этот параметр не влияет на функции, уже скомпилированные в текущем сеансе.

44.8.2. Ограничения и недостающие возможности

Следующие возможности в настоящее время в PL/Perl отсутствуют, но их реализация будет желанной доработкой.

- Функции на PL/Perl не могут напрямую вызывать друг друга.

- SPI ещё не полностью реализован.
- Если вы выбираете очень большие наборы данных, используя `spi_exec_query`, вы должны понимать, что все эти данные загружаются в память. Вы можете избежать этого, используя пару функций `spi_query`/`spi_fetchrow`, как показано ранее.

  Похожая проблема возникает, если функция, возвращающая множество, передаёт в PostgreSQL большое число строк, выполняя `return`. Этой проблемы так же можно избежать, выполняя для каждой возвращаемой строки `return_next`, как показано ранее.
- Когда сеанс завершается штатно, не по причине критической ошибки, в Perl выполняются все блоки `END`, которые были определены. Никакие другие действия в настоящее время не выполняются. В частности, буферы файлов автоматически не сбрасываются и объекты автоматически не уничтожаются.

Глава 45. PL/Python — процедурный язык Python

Процедурный язык PL/Python позволяет писать функции и процедуры PostgreSQL на *языке Python*.

Чтобы установить PL/Python в определённую базу данных, выполните команду `CREATE EXTENSION plpythonu` (но смотрите также Раздел 45.1).

> **Подсказка**
>
> Если язык устанавливается в `template1`, он будет автоматически установлен во все создаваемые впоследствии базы данных.

PL/Python представлен только в виде «недоверенного» языка, что означает, что он никаким способом не ограничивает действия пользователей, и поэтому он называется `plpythonu`. Доверенная вариация `plpython` может появиться в будущем, если в Python будет разработан безопасный механизм выполнения. Автор функции на недоверенном языке PL/Python должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных. Создавать функции на недоверенных языках, таких как `plpythonu`, разрешено только суперпользователям.

> **Примечание**
>
> Пользователи, имеющие дело с исходным кодом, должны явно включить сборку PL/Python в процессе установки. (За дополнительными сведениями обратитесь к инструкциям по установке.) Пользователи двоичных пакетов могут найти PL/Python в отдельном модуле.

45.1. Python 2 и Python 3

PL/Python поддерживает две вариации языка: Python 2 и Python 3. (Более точная информация о поддерживаемых второстепенных версиях Python может содержаться в инструкциях по установке PostgreSQL.) Так как языки Python 2 и Python 3 несовместимы в некоторых важных аспектах, во избежание смешения их в PL/Python применяется следующая схема именования:

- Язык PostgreSQL с именем `plpython2u` представляет реализацию PL/Python, основанную на вариации языка Python 2.
- Язык PostgreSQL с именем `plpython3u` представляет реализацию PL/Python, основанную на вариации языка Python 3.
- Язык с именем `plpythonu` представляет реализацию PL/Python, основанную на версии Python по умолчанию, в данный момент это Python 2. (Этот выбор по умолчанию не зависит от того, какая версия считается локальной версией «по умолчанию», например, на какую версию указывает `/usr/bin/python`.) Выбор по умолчанию в отдалённом будущем выпуске PostgreSQL может быть сменён на Python 3, в зависимости от того, как будет происходить переход на Python 3 в сообществе Python.

Эта схема аналогична рекомендациям, данным в *PEP 394*, по выбору имени команды `python` и переходу с версии на версию.

Будет ли доступен PL/Python для Python 2 или для Python 3, либо сразу для обеих версий, зависит от конфигурации сборки или установленных пакетов.

> **Подсказка**
>
> Какая вариация будет собрана, зависит от того, как версия Python будет найдена при установке или будет задана в переменной окружения `PYTHON`; см. Раздел 16.4. Чтобы в одной

инсталляции присутствовали обе вариации PL/Python, необходимо сконфигурировать дерево исходного кода и произвести сборку два раза.

В результате формируется такая стратегия использования и смены определённой версии:

- Существующие пользователи и пользователи, которым в настоящее время неинтересен Python 3, могут выбрать имя языка `plpythonu` и им не придётся ничего менять в обозримом будущем. Чтобы упростить миграцию на Python 3, которая произойдёт в конце концов, рекомендуется постепенно проверять «готовность к будущему» кода, обновляя его до версий Python 2.6/2.7.

  На практике многие функции PL/Python можно мигрировать на Python 3 с минимальными изменениями или вовсе без изменений.
- Пользователи, знающие, что их код очень сильно зависит от Python 2, и не планирующие когда-либо менять его, могут использовать имя языка `plpython2u`. Это будет работать ещё очень и очень долго, пока в PostgreSQL не будет полностью ликвидирована поддержка Python 2.
- Пользователи, желающие погрузиться в Python 3, могут выбрать имя языка `plpython3u`, и их код будет работать всегда, по сегодняшним стандартам. В отдалённом будущем, когда версией по умолчанию может стать Python 3, цифру «3» из имени языка можно будет убрать из эстетических соображений.
- Смельчаки, желающие уже сегодня получить операционное окружение только с Python 3, могут заменить содержимое управляющего файла и скриптов расширения `plpythonu`, чтобы все эти файлы соответствовали `plpython3u`. При этом надо понимать, что такая инсталляция будет несовместима с остальным миром.

Дополнительную информацию о переходе на Python 3 можно также найти в описании *Что нового в Python 3.0*.

Использовать PL/Python на базе Python 2 и PL/Python на базе Python 3 в одном сеансе нельзя, так как это приведёт к конфликту символов в динамических модулях, что может повлечь сбой серверного процесса PostgreSQL. В системе есть проверка, предотвращающая смешение основных версий Python в одном сеансе, которая прервёт сеанс при выявлении расхождения. Однако использовать обе вариации в одной базе данных всё же возможно, обращаясь к ним в разных сеансах.

45.2. Функции на PL/Python

Функции на PL/Python объявляются стандартным образом с помощью команды CREATE FUNCTION:

```
CREATE FUNCTION имя_функции (аргументы)
  RETURNS возвращаемый_тип
AS $$
  # Тело функции на PL/Python
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Тело функции содержит просто скрипт на языке Python. Когда вызывается функция, её аргументы передаются в виде элементов списка `args`; именованные аргументы также передаются скрипту Python как обычные переменные. С именованными аргументами скрипт обычно лучше читается. Результат из кода Python возвращается обычным способом: командой `return` или `yield` (в случае функции, возвращающей множество). Если возвращаемое значение не определено, Python возвращает `None`. Исполнитель PL/Python преобразует `None` языка Python в значение NULL языка SQL. В процедуре код Python должен возвращать `None` (обычно для этого процедура завершается без оператора `return` или используется оператор `return` без аргумента); в противном случае выдаётся ошибка.

Например, функцию, возвращающее большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION pymax (a integer, b integer)
  RETURNS integer
AS $$
```

```
  if a > b:
    return a
  return b
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Код на Python, заданный в качестве тела объявляемой функции, становится телом функции Python. Например, для показанного выше объявления получается функция:

```
def __plpython_procedure_pymax_23456():
  if a > b:
    return a
  return b
```

Здесь 23456 — это OID, который PostgreSQL присвоил данной функции.

Значения аргументов задаются в глобальных переменных. Согласно правилам видимости в Python, тонким следствием этого является то, что переменной аргумента нельзя присвоить внутри функции выражение, включающее имя самой этой переменной, если только эта переменная не объявлена глобальной в текущем блоке. Например, следующий код не будет работать:

```
CREATE FUNCTION pystrip(x text)
  RETURNS text
AS $$
  x = x.strip()  # ошибка
  return x
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

так как присваивание `x` значения делает `x` локальной переменной для всего блока, и при этом `x` в правой части присваивания оказывается ещё не определённой локальной переменной `x`, а не параметром функции PL/Python. Добавив оператор `global`, это можно исправить:

```
CREATE FUNCTION pystrip(x text)
  RETURNS text
AS $$
  global x
  x = x.strip()  # теперь всё в порядке
  return x
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Однако рекомендуется не полагаться на такие особенности реализации PL/Python, а принять, что параметры функции предназначены только для чтения.

45.3. Значения данных

Вообще говоря, цель исполнителя PL/Python — обеспечить «естественное» соответствие между мирами PostgreSQL и Python. Этим объясняется выбор правил сопоставления данных, описанных ниже.

45.3.1. Сопоставление типов данных

Когда вызывается функция PL/Python, её аргументы преобразуются из типа PostgreSQL в соответствующий тип Python по таким правилам:

- Тип PostgreSQL `boolean` преобразуется в тип `bool` языка Python.
- Типы PostgreSQL `smallint` и `int` преобразуются в тип `int` языка Python. Типы PostgreSQL `bigint` и `oid` становятся типами `long` в Python 2 и `int` в Python 3.
- Типы PostgreSQL `real` и `double` преобразуются в тип `float` языка Python.
- Тип PostgreSQL `numeric` преобразуется в тип `Decimal` среды Python. Этот тип импортируется из пакета `cdecimal`, при его наличии. В противном случае используется `decimal.Decimal` из стандартной библиотеки. Тип `cdecimal` работает значительно быстрее, чем `decimal`. Однако

в Python версии 3.3 и выше тип `cdecimal` включается в стандартную библиотеку под именем `decimal`, так что теперь этого различия нет.

- Тип PostgreSQL `bytea` становится типом `str` в Python 2 и `bytes` в Python 3. В Python 2 такую строку следует воспринимать как последовательность байт без какой-либо определённой кодировки символов.
- Все другие типы данных, включая типы символьных строк PostgreSQL, преобразуются в тип `str` языка Python. В Python 2 эта строка будет передаваться в кодировке сервера PostgreSQL; в Python 3 это будет строка в Unicode, как и все строки.
- Информация о нескалярных типах данных приведена ниже.

При завершении функции PL/Python её значение результата преобразуется в тип данных, объявленный как тип результата в PostgreSQL, следующим образом:

- Когда тип результата функции в PostgreSQL — `boolean`, возвращаемое значение приводится к логическому типу по правилам, принятым в *Python*. То есть false будет возвращено для 0 и пустой строки, но, обратите внимание, для `'f'` будет возвращено true.
- Когда тип результата функции PostgreSQL — `bytea`, возвращаемое значение будет преобразовано в строку (Python 2) или набор байт (Python 3), используя встроенные средства Python, а затем будет приведено к типу `bytea`.
- Для всех других типов результата PostgreSQL возвращаемое значение преобразуется в строку с помощью встроенной в Python функции `str`, и полученная строка передаётся функции ввода типа данных PostgreSQL. (Если значение в Python имеет тип `float`, оно преобразуется встроенной функцией `repr`, а не `str`, для недопущения потери точности.)

  Из кода Python 2 строки должны передаваться в PostgreSQL в кодировке сервера PostgreSQL. При передаче строки, неприемлемой для текущей кодировки сервера, возникает ошибка, но не все несоответствия кодировки могут быть выявлены, так что с некорректной кодировкой всё же могут быть получены нечитаемые строки. Строки Unicode переводятся в нужную кодировку автоматически, так что использовать их может быть безопаснее и удобнее. В Python 3 все строки имеют кодировку Unicode.
- Информация о нескалярных типах данных приведена ниже.

Заметьте, что логические несоответствия между объявленным в PostgreSQL типом результата и типом фактически возвращаемого объекта Python игнорируются — значение преобразуется в любом случае.

45.3.2. Null, None

Если функции передаётся значение SQL NULL, в Python значением этого аргумента будет `None`. Например, функция `pymax`, определённая как показано в Раздел 45.2, возвратит неверный ответ, получив аргументы NULL. Мы могли бы добавить указание `STRICT` в определение функции, чтобы PostgreSQL поступал немного разумнее: при передаче значения NULL функция вовсе не будет вызываться, будет сразу возвращён результат NULL. С другой стороны, мы могли бы проверить аргументы на NULL в теле функции:

```
CREATE FUNCTION pymax (a integer, b integer)
  RETURNS integer
AS $$
  if (a is None) or (b is None):
    return None
  if a > b:
    return a
  return b
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Как показано выше, чтобы выдать из функции PL/Python значение SQL NULL, нужно вернуть значение `None`. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

45.3.3. Массивы, списки

Значения массивов SQL передаются в PL/Python в виде списка Python. Чтобы вернуть значение массива SQL из функции PL/Python, возвратите список Python:

```
CREATE FUNCTION return_arr()
  RETURNS int[]
AS $$
return [1, 2, 3, 4, 5]
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT return_arr();
 return_arr
-------------
 {1,2,3,4,5}
(1 row)
```

Многомерные массивы передаются в PL/Python в виде вложенных списков Python. Например, двухмерный массив представляется как список списков. При передаче многомерного массива SQL из функции PL/Python необходимо, чтобы все внутренние списки на каждом уровне имели одинаковый размер. Например:

```
CREATE FUNCTION test_type_conversion_array_int4(x int4[]) RETURNS int4[] AS $$
plpy.info(x, type(x))
return x
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT * FROM test_type_conversion_array_int4(ARRAY[[1,2,3],[4,5,6]]);
INFO:  ([[1, 2, 3], [4, 5, 6]], <type 'list'>)
 test_type_conversion_array_int4
---------------------------------
 {{1,2,3},{4,5,6}}
(1 row)
```

Другие последовательности Python, например кортежи, тоже принимаются для обратной совместимости с PostgreSQL версии 9.6 и ниже (где многомерные массивы не поддерживались). Однако они всегда воспринимаются как одномерные массивы, чтобы не возникало неоднозначности с составными типами. По этой же причине когда в многомерном массиве используется составной тип, он должен представляться как кортеж, а не список.

Учтите, что в Python и строки являются последовательностями, что может давать неожиданные эффекты, хорошо знакомые тем, кто программирует на Python:

```
CREATE FUNCTION return_str_arr()
  RETURNS varchar[]
AS $$
return "hello"
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT return_str_arr();
 return_str_arr
----------------
 {h,e,l,l,o}
(1 row)
```

45.3.4. Составные типы

Аргументы составного типа передаются функции в виде сопоставлений Python. Именами элементов сопоставления являются атрибуты составного типа. Если атрибут в переданной строке имеет значение NULL, он передаётся в сопоставлении значением `None`. Пример работы с составным типом:

```
CREATE TABLE employee (
  name text,
  salary integer,
  age integer
);

CREATE FUNCTION overpaid (e employee)
  RETURNS boolean
AS $$
  if e["salary"] > 200000:
    return True
  if (e["age"] < 30) and (e["salary"] > 100000):
    return True
  return False
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Возвратить составной тип или строку таблицы из функции Python можно несколькими способами. В следующих примерах предполагается, что у нас объявлен тип:

```
CREATE TYPE named_value AS (
  name   text,
  value  integer
);
```

Результат этого типа можно вернуть как:

Последовательность (кортеж или список, но не множество, так как оно не индексируется)

В возвращаемых объектах последовательностей должно быть столько элементов, сколько полей в составном типе результата. Элемент с индексом 0 присваивается первому полю составного типа, с индексом 1 — второму и т. д. Например:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)
  RETURNS named_value
AS $$
  return ( name, value )
  # или альтернативный вариант, в виде списка: return [ name, value ]
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Чтобы выдать SQL NULL для какого-нибудь столбца, вставьте в соответствующую позицию `None`.

Когда возвращается массив составных значений, его нельзя представить в виде списка, так как невозможно однозначно определить, представляет ли список Python составной тип или ещё одну размерность массива.

Сопоставление (словарь)

Значение столбца результата получается из сопоставления, в котором ключом является имя столбца. Например:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)
  RETURNS named_value
AS $$
  return { "name": name, "value": value }
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Любые дополнительные пары ключ/значение в словаре игнорируются, а отсутствие нужных ключей считается ошибкой. Чтобы выдать SQL NULL для какого-нибудь столбца, вставьте `None` с именем соответствующего столбца в качестве ключа.

Объект (любой объект с методом `__getattr__`)

Объект передаётся аналогично сопоставлению. Пример:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)
  RETURNS named_value
AS $$
  class named_value:
    def __init__ (self, n, v):
      self.name = n
      self.value = v
  return named_value(name, value)

  # или просто
  class nv: pass
  nv.name = name
  nv.value = value
  return nv
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Также поддерживаются функции с параметрами `OUT` (выходными). Например:

```
CREATE FUNCTION multiout_simple(OUT i integer, OUT j integer) AS $$
return (1, 2)
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT * FROM multiout_simple();
```

Выходные параметры процедуры выдаются таким же образом. Например:

```
CREATE PROCEDURE python_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
return (a * 3, b * 3)
$$ LANGUAGE plpythonu;

CALL python_triple(5, 10);
```

45.3.5. Функции, возвращающие множества

Функция PL/Python также может возвращать множества, содержащие скалярные и составные типы. Это можно осуществить разными способами, так как возвращаемый объект внутри превращается в итератор. В следующих примерах предполагается, что у нас есть составной тип:

```
CREATE TYPE greeting AS (
  how text,
  who text
);
```

Множество в качестве результата можно возвратить, применив:

Последовательность (кортеж, список, множество)

```
CREATE FUNCTION greet (how text)
  RETURNS SETOF greeting
AS $$
  # возвращает кортеж, содержащий списки в качестве составных типов
  # также будут работать и остальные комбинации
  return ( [ how, "World" ], [ how, "PostgreSQL" ], [ how, "PL/Python" ] )
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Итератор (любой объект, реализующий методы `__iter__` и `next`)

```
CREATE FUNCTION greet (how text)
  RETURNS SETOF greeting
AS $$
  class producer:
    def __init__ (self, how, who):
```

```
        self.how = how
        self.who = who
        self.ndx = -1

      def __iter__ (self):
        return self

      def next (self):
        self.ndx += 1
        if self.ndx == len(self.who):
          raise StopIteration
        return ( self.how, self.who[self.ndx] )

    return producer(how, [ "World", "PostgreSQL", "PL/Python" ])
  $$ LANGUAGE plpythonu;
```

Генератор (`yield`)

```
CREATE FUNCTION greet (how text)
  RETURNS SETOF greeting
AS $$
  for who in [ "World", "PostgreSQL", "PL/Python" ]:
    yield ( how, who )
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Также поддерживаются функции, возвращающие множества, с параметрами `OUT` (объявленные с `RETURNS SETOF record`). Например:

```
CREATE FUNCTION multiout_simple_setof(n integer, OUT integer, OUT integer) RETURNS
 SETOF record AS $$
return [(1, 2)] * n
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT * FROM multiout_simple_setof(3);
```

45.4. Совместное использование данных

Для сохранения внутренних данных при повторных вызовах одной и той же функции предусмотрен глобальный словарь `SD`. Для размещения публичных данных предназначен глобальный словарь `GD`, доступный всем функциям на Python в сеансе; используйте его с осторожностью.

Каждая функция получает собственную среду выполнения в интерпретаторе Python, так что глобальные данные и аргументы функции, например `myfunc`, не будут доступны в `myfunc2`. Исключение составляют данные в словаре `GD`, как сказано выше.

45.5. Анонимные блоки кода

PL/Python также поддерживает анонимные блоки кода, которые выполняются оператором DO:

```
DO $$
    # Код на PL/Python
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Анонимный блок кода не принимает аргументы, а любое значение, которое он мог бы вернуть, отбрасывается. В остальном он работает подобно коду функции.

45.6. Триггерные функции

Когда функция используется как триггер, словарь `TD` содержит значения, связанные с работой триггера:

`TD["event"]`

: содержит название события в виде строки: `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE`.

`TD["when"]`

: содержит одну из строк: `BEFORE`, `AFTER` или `INSTEAD OF`.

`TD["level"]`

: содержит `ROW` или `STATEMENT`.

`TD["new"]`
`TD["old"]`

: Для триггера уровня строки одно или оба этих поля содержат соответствующие строки триггера, в зависимости от события триггера.

`TD["name"]`

: содержит имя триггера.

`TD["table_name"]`

: содержит имя таблицы, для которой сработал триггер.

`TD["table_schema"]`

: содержит схему таблицы, для которой сработал триггер.

`TD["relid"]`

: содержит OID таблицы, для которой сработал триггер.

`TD["args"]`

: Если в команде `CREATE TRIGGER` задавались аргументы, их можно получить как элементы массива с `TD["args"][0]` по `TD["args"][`*n*`-1]`.

Если в `TD["when"]` передано `BEFORE` или `INSTEAD OF`, а в `TD["level"]` — `ROW`, вы можете вернуть значение `None` или `"OK"` из функции Python, чтобы показать, что строка не была изменена, значение `"SKIP"`, чтобы прервать событие, либо, если в `TD["event"]` передана команда `INSERT` или `UPDATE`, вы можете вернуть `"MODIFY"`, чтобы показать, что новая строка была изменена. Во всех других случаях возвращаемое значение игнорируется.

45.7. Обращение к базе данных

Исполнитель языка PL/Python автоматически импортирует модуль Python с именем `plpy`. Вы в своём коде можете использовать функции и константы, объявленные в этом модуле, обращаясь к ним по именам вида `plpy.`*имя*.

45.7.1. Функции обращения к базе данных

Модуль `plpy` содержит различные функции для выполнения команд в базе данных:

`plpy.execute(`*query* `[, `*предел*`])`

: При вызове `plpy.execute` со строкой запроса и необязательным аргументом, ограничивающим число строк, выполняется заданный запрос, а то, что он выдаёт, возвращается в виде объекта результата.

: Если *предел* задан и больше нуля, то `plpy.execute` получает число строк, не превышающее *предел*, как если бы запрос включал предложение `LIMIT`. Без указания *предела* или когда он равен нулю ограничение на количество строк снимается.

Объект результата имитирует список или словарь. Получить из него данные можно по номеру строки и имени столбца. Например, команда:

```
rv = plpy.execute("SELECT * FROM my_table", 5)
```

вернёт не более 5 строк из отношения `my_table`. Если в `my_table` есть столбец `my_column`, к нему можно обратиться так:

```
foo = rv[i]["my_column"]
```

Число возвращённых в этом объекте строк можно получить, воспользовавшись встроенной функцией `len`.

Для объекта результата определены следующие дополнительные методы:

`nrows()`

Возвращает число строк, обработанных командой. Заметьте, что это число не обязательно будет равно числу возвращённых строк. Например, команда `UPDATE` устанавливает это значение, но не возвращает строк (без указания `RETURNING`).

`status()`

Значение состояния, возвращённое `SPI_execute()`.

`colnames()`
`coltypes()`
`coltypmods()`

Возвращают список имён столбцов, список OID типов столбцов и список модификаторов типа этих столбцов, соответственно.

Эти методы вызывают исключение, когда им передаётся объект, полученный от команды, не возвращающей результирующий набор, например, `UPDATE` без `RETURNING`, либо `DROP TABLE`. Но эти методы вполне можно использовать с результатом, содержащим ноль строк.

`__str__()`

Стандартный метод `__str__` определён так, чтобы можно было, например, вывести отладочное сообщение с результатами запроса, вызвав `plpy.debug(rv)`.

Объект результата может быть изменён.

Заметьте, что при вызове `plpy.execute` весь набор результатов будет прочитан в память. Эту функцию следует использовать, только если вы знаете, что набор будет относительно небольшим. Если вы хотите исключить риск переполнения памяти при выборке результатов большого объёма, используйте `plpy.cursor` вместо `plpy.execute`.

`plpy.prepare(`*`query`*` [, `*`типы_аргументов`*`])`
`plpy.execute(`*`план`*` [, `*`аргументы`*` [, `*`предел`*`]])`

Функция `plpy.prepare` подготавливает план выполнения для запроса. Она вызывается со строкой запроса и списком типов параметров (если в запросе есть параметры). Например:

```
plan = plpy.prepare("SELECT last_name FROM my_users WHERE first_name = $1",
 ["text"])
```

Здесь `text` представляет переменную, передаваемую в качестве параметра `$1`. Второй аргумент необязателен, если запросу не нужно передавать никакие параметры.

Чтобы запустить подготовленный оператор на выполнение, используйте вариацию функции `plpy.execute`:

```
rv = plpy.execute(plan, ["name"], 5)
```

Передайте план в первом аргументе (вместо строки запроса), а список значений, которые будут подставлены в запрос, — во втором. Второй аргумент можно опустить, если запрос не принимает никакие параметры. Третий аргумент, как и раньше, задаёт необязательное ограничение максимального числа строк.

Вы также можете вызвать метод `execute` объекта плана:

```
rv = plan.execute(["name"], 5)
```

Параметры запросов и поля строк результата преобразуются между типами данных PostgreSQL и Python как описано в Разделе 45.3.

Когда вы подготавливаете план, используя модуль PL/Python, он сохраняется автоматически. Что это означает, вы можете узнать в документации SPI (Глава 46). Чтобы эффективно использовать это в нескольких вызовах функции, может потребоваться применить словарь постоянного хранения `SD` или `GD` (см. Раздел 45.4). Например:

```
CREATE FUNCTION usesavedplan() RETURNS trigger AS $$
    if "plan" in SD:
        plan = SD["plan"]
    else:
        plan = plpy.prepare("SELECT 1")
        SD["plan"] = plan
    # остальной код функции
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

`plpy.cursor(`*query*`)`
`plpy.cursor(`*план* `[, `*аргументы*`])`

Функция `plpy.cursor` принимает те же аргументы, что и `plpy.execute` (кроме ограничения строк) и возвращает объект курсора, который позволяет обрабатывать объёмные наборы результатов небольшими порциями. Как и `plpy.execute`, этой функции можно передать строку запроса или объект плана со списком аргументов, а можно вызывать функцию `cursor` как метод объекта плана.

Объект курсора реализует метод `fetch`, который принимает целочисленный параметр и возвращает объект результата. При каждом следующем вызове `fetch` возвращаемый объект будет содержать следующий набор строк, в количестве, не превышающем значение параметра. Когда строки закончатся, `fetch` начнёт возвращать пустой объект результата. Объекты курсора также предоставляют *интерфейс итератора*, выдающий по строке за один раз, пока не будут выданы все строки. Данные, выбираемые таким образом, возвращаются не как объекты результата, а как словари (одной строке результата соответствует один словарь).

Следующий пример демонстрирует обработку содержимого большой таблицы двумя способами:

```
CREATE FUNCTION count_odd_iterator() RETURNS integer AS $$
odd = 0
for row in plpy.cursor("select num from largetable"):
    if row['num'] % 2:
         odd += 1
return odd
$$ LANGUAGE plpythonu;

CREATE FUNCTION count_odd_fetch(batch_size integer) RETURNS integer AS $$
odd = 0
cursor = plpy.cursor("select num from largetable")
while True:
    rows = cursor.fetch(batch_size)
    if not rows:
        break
    for row in rows:
        if row['num'] % 2:
```

```
            odd += 1
return odd
$$ LANGUAGE plpythonu;

CREATE FUNCTION count_odd_prepared() RETURNS integer AS $$
odd = 0
plan = plpy.prepare("select num from largetable where num % $1 <> 0", ["integer"])
rows = list(plpy.cursor(plan, [2]))  # или: = list(plan.cursor([2]))

return len(rows)
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Курсоры ликвидируются автоматически. Но если вы хотите явно освободить все ресурсы, занятые курсором, вызовите метод `close`. Продолжать получать данные через курсор, который был закрыт, нельзя.

> **Подсказка**
>
> Не путайте объекты, создаваемые функцией `plpy.cursor`, с курсорами DB-API, определёнными в *спецификации API для работы с базами данных в Python*. Они не имеют ничего общего, кроме имени.

45.7.2. Обработка ошибок

Функции, обращающиеся к базе данных, могут сталкиваться с ошибками, в результате которых они будут прерываться и вызывать исключение. Обе функции `plpy.execute` и `plpy.prepare` могут вызывать экземпляр подкласса исключения `plpy.SPIError`, которое по умолчание прекращает выполнение функции. Эту ошибку можно обработать, как и любое другое исключение в Python, применив конструкцию `try/except`. Например:

```
CREATE FUNCTION try_adding_joe() RETURNS text AS $$
    try:
        plpy.execute("INSERT INTO users(username) VALUES ('joe')")
    except plpy.SPIError:
        return "something went wrong"
    else:
        return "Joe added"
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Фактический класс вызываемого исключения соответствует определённому условию возникновения ошибки. Список всех возможных условий приведён в Таблице A.1. В модуле `plpy.spiexceptions` определяются классы исключений для каждого условия PostgreSQL, с именами, производными от имён условий. Например, имя `division_by_zero` становится именем `DivisionByZero`, `unique_violation` — именем `UniqueViolation`, `fdw_error` — именем `FdwError` и т. д. Все эти классы исключений наследуются от `SPIError`. Такое разделение на классы упрощает обработку определённых ошибок, например:

```
CREATE FUNCTION insert_fraction(numerator int, denominator int) RETURNS text AS $$
from plpy import spiexceptions
try:
    plan = plpy.prepare("INSERT INTO fractions (frac) VALUES ($1 / $2)", ["int",
 "int"])
    plpy.execute(plan, [numerator, denominator])
except spiexceptions.DivisionByZero:
    return "denominator cannot equal zero"
except spiexceptions.UniqueViolation:
    return "already have that fraction"
except plpy.SPIError as e:
```

```
    return "other error, SQLSTATE %s" % e.sqlstate
else:
    return "fraction inserted"
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Заметьте, что так как все исключения из модуля `plpy.spiexceptions` наследуются от исключения `SPIError`, команда `except`, обрабатывающая это исключение, будет перехватывать все ошибки при обращении к базе данных.

В качестве другого варианта обработки различных условий ошибок, вы можете перехватывать исключение `SPIError` и определять конкретное условие ошибки внутри блока `except` по значению атрибута `sqlstate` объекта исключения. Этот атрибут содержит строку с кодом ошибки «SQLSTATE». Конечный результат при таком подходе примерно тот же.

45.8. Явные подтранзакции

Перехват ошибок, произошедших при обращении к базе данных, как описано в Подразделе 45.7.2, может привести к нежелательной ситуации, когда часть операций будет успешно выполнена, прежде чем произойдёт сбой. Данные останутся в несогласованном состоянии после обработки такой ошибки. PL/Python предлагает решение этой проблемы в форме явных подтранзакций.

45.8.1. Менеджеры контекста подтранзакций

Рассмотрим функцию, осуществляющую перевод средств между двумя счетами:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds() RETURNS void AS $$
try:
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'")
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'")
except plpy.SPIError as e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Если при выполнении второго оператора `UPDATE` произойдёт исключение, эта функция сообщит об ошибке, но результат первого `UPDATE` будет тем не менее зафиксирован. Другими словами, средства будут списаны со счёта Джо, но не зачислятся на счёт Мэри.

Во избежание таких проблем можно завернуть вызовы `plpy.execute` в явную подтранзакцию. Модуль `plpy` предоставляет вспомогательный объект для управления явными подтранзакциями, создаваемый функцией `plpy.subtransaction()`. Объекты, созданные этой функцией, реализуют *интерфейс менеджера контекста*. Используя явные подтранзакции, мы можем переписать нашу функцию так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds2() RETURNS void AS $$
try:
    with plpy.subtransaction():
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'")
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'")
except plpy.SPIError as e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
```

```
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Заметьте, что конструкция `try`/`except` по-прежнему нужна. Без неё исключение распространится вверх по стеку Python и приведёт к прерыванию всей функции с ошибкой PostgreSQL, так что в таблицу `operations` запись не добавится. Менеджер контекста подтранзакции не перехватывает ошибки, он только гарантирует, что все операции с базой данных в его области действия будут атомарно зафиксированы или отменены. Откат блока подтранзакции происходит при исключении любого вида, а не только исключения, вызванного ошибками при обращении к базе данных. Обычное исключение Python, вызванное внутри блока явной подтранзакции, также приведёт к откату этой подтранзакции.

45.8.2. Старые версии Python

Синтаксис использования менеджеров контекста с ключевым словом `with` по умолчанию поддерживается в Python версии 2.6. Для совместимости с более старыми версиями методы `__enter__` и `__exit__` менеджера контекста можно вызывать по удобным псевдонимам `enter` и `exit`. Для такого случая функцию перечисления средств можно переписать так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds_old() RETURNS void AS $$
try:
    subxact = plpy.subtransaction()
    subxact.enter()
    try:
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
 'joe'")
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
 'mary'")
    except:
        import sys
        subxact.exit(*sys.exc_info())
        raise
    else:
        subxact.exit(None, None, None)
except plpy.SPIError as e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"

plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

45.9. Управление транзакциями

В процедуре, которая вызывается в коде верхнего уровня или в анонимном блоке кода (в команде `DO`), можно управлять транзакциями. Чтобы зафиксировать текущую транзакцию, вызовите `plpy.commit()`, а чтобы откатить — `plpy.rollback()`. (Заметьте, что выполнить SQL-команды `COMMIT` или `ROLLBACK` через `plpy.execute` или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plpythonu
AS $$
for i in range(0, 10):
    plpy.execute("INSERT INTO test1 (a) VALUES (%d)" % i)
```

```
    if i % 2 == 0:
        plpy.commit()
    else:
        plpy.rollback()
$$;

CALL transaction_test1();
```

Транзакцию нельзя завершить в случае существования открытой явной подтранзакции.

45.10. Вспомогательные функции

Модуль `plpy` также предоставляет функции

`plpy.debug(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.log(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.info(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.notice(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.warning(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.error(` *msg*, ***kwargs* `)`
`plpy.fatal(` *msg*, ***kwargs* `)`

Функции `plpy.error` и `plpy.fatal` на самом деле выдают исключение Python, которое, если его не перехватить, распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. Команды `raise plpy.Error(`*msg*`)` и `raise plpy.Fatal(`*msg*`)` равнозначны вызовам `plpy.error(`*msg*`)` и `plpy.fatal(`*msg*`)`, соответственно, но форма `raise` не позволяет передавать аргументы с ключами. Другие функции просто выдают сообщения разных уровней важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиентам и/или записываться в журнал сервера, определяется конфигурационными переменными log_min_messages и client_min_messages. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

Аргумент *msg* задаётся как позиционный. Для обратной совместимости может быть передано несколько позиционных аргументов. В этом случае сообщением для клиента становится строковое представление кортежа позиционных аргументов.

Дополнительно только по ключам принимаются следующие аргументы:

`detail`
`hint`
`sqlstate`
`schema_name`
`table_name`
`column_name`
`datatype_name`
`constraint_name`

Строковое представление объектов, передаваемых в аргументах по ключам, позволяет выдать клиенту более богатую информацию. Например:

```
CREATE FUNCTION raise_custom_exception() RETURNS void AS $$
plpy.error("custom exception message",
           detail="some info about exception",
           hint="hint for users")
$$ LANGUAGE plpythonu;

=# SELECT raise_custom_exception();
ERROR:  plpy.Error: custom exception message
DETAIL:  some info about exception
HINT:  hint for users
CONTEXT:  Traceback (most recent call last):
```

```
  PL/Python function "raise_custom_exception", line 4, in <module>
    hint="hint for users")
PL/Python function "raise_custom_exception"
```

Ещё один набор вспомогательных функций образуют `plpy.quote_literal(`*строка*`)`, `plpy.quote_nullable(`*строка*`)` и `plpy.quote_ident(`*строка*`)`. Они равнозначны встроенным функциям заключения в кавычки, описанным в Разделе 9.4. Они полезны при конструировании свободно составляемых запросов. На PL/Python динамический SQL, показанный в Примере 42.1, формируется так:

```
plpy.execute("UPDATE tbl SET %s = %s WHERE key = %s" % (
    plpy.quote_ident(colname),
    plpy.quote_nullable(newvalue),
    plpy.quote_literal(keyvalue)))
```

45.11. Переменные окружения

Некоторые переменные окружения, воспринимаемые интерпретатором Python, тоже могут влиять на поведение PL/Python. При необходимости их нужно установить в среде основного серверного процесса PostgreSQL, например, в скрипте запуска. Множество доступных переменных окружения зависит от версии Python; за подробностями обратитесь к документации Python. На момент написания этой документации, на поведение PL/Python влияли следующие переменные окружения, при наличии подходящей версии Python:

- `PYTHONHOME`
- `PYTHONPATH`
- `PYTHONY2K`
- `PYTHONOPTIMIZE`
- `PYTHONDEBUG`
- `PYTHONVERBOSE`
- `PYTHONCASEOK`
- `PYTHONDONTWRITEBYTECODE`
- `PYTHONIOENCODING`
- `PYTHONUSERBASE`
- `PYTHONHASHSEED`

(Похоже, что вследствие тонкостей реализации Python, не зависящих от исполнителя PL/Python, некоторые переменные окружения, перечисленные на странице руководства man `python`, действуют только в интерпретаторе для командной строки, но не во встраиваемом интерпретаторе Python.)

Глава 46. Интерфейс программирования сервера

Интерфейс программирования сервера (SPI, Server Programming Interface) даёт разработчикам пользовательских функций на C возможность запускать команды SQL из своих функций или процедур. SPI представляет собой набор интерфейсных функций, упрощающих доступ к анализатору, планировщику и исполнителю запросов. В SPI есть также функции для управления памятью.

> **Примечание**
>
> Доступные процедурные языки предоставляют различные средства для выполнения SQL-команд из функций. Большинство этих средств основаны на SPI, так что эта документация будет полезна и тем, кто использует эти языки.

Учтите, что если команда, вызванная через SPI, прерывается ошибкой, управление не возвращается в вашу функцию на C. Вместо этого происходит откат транзакции или подтранзакции, из которой вызывалась ваша функция. (Это может показаться удивительным с учётом того, что для большинства функций SPI описаны соглашения по возврату ошибок. Однако эти соглашения применимы только к ошибкам, выявляемым в самих функциях SPI.) Получить управление после ошибки можно, только организовав собственную подтранзакцию, окружающую вызовы SPI, в которых возможна ошибка.

Функции SPI выдают неотрицательный результат в случае успеха (либо через возвращаемое целочисленное значение, либо в глобальной переменной `SPI_result`, как описано ниже). В случае ошибки выдаётся отрицательный результат или `NULL`.

Файлы исходного кода, использующие SPI, должны включать заголовочный файл `executor/spi.h`.

46.1. Интерфейсные функции

SPI_connect

SPI_connect, SPI_connect_ext — подключить функцию на C к менеджеру SPI

Синтаксис

```
int SPI_connect(void)
```

```
int SPI_connect_ext(int options)
```

Описание

`SPI_connect` устанавливает подключение вызова функции на C к менеджеру SPI. Данную функцию необходимо использовать, если вы хотите выполнять команды через SPI. Некоторые вспомогательные функции SPI могут вызываться из неподключённых функций.

`SPI_connect_ext` делает то же самое, но принимает один аргумент, через который можно передать дополнительные флаги. В настоящее время поддерживаются следующие флаги:

`SPI_OPT_NONATOMIC`

Переводит подключение SPI в *неатомарный* режим, в котором разрешаются вызовы функций управления транзакциями (`SPI_commit`, `SPI_rollback`). В обычном режиме вызов этих функций приводит к немедленной ошибке.

Вызов `SPI_connect()` равнозначен `SPI_connect_ext(0)`.

Возвращаемое значение

`SPI_OK_CONNECT`

при успехе

`SPI_ERROR_CONNECT`

при ошибке

SPI_finish

SPI_finish — отключить функцию на C от менеджера SPI

Синтаксис

```
int SPI_finish(void)
```

Описание

`SPI_finish` закрывает текущее соединение с менеджером SPI. Эту функцию необходимо вызывать после завершения операций SPI, которые должны выполняться в текущем вызове функции на C. Однако если вы прерываете транзакцию, выполняя `elog(ERROR)`, о закрытии соединения можно не беспокоиться. В этом случае SPI произведёт очистку автоматически.

Возвращаемое значение

`SPI_OK_FINISH`

    если отключение выполнено корректно

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

    если вызывается из неподключённой функции на C

SPI_execute

SPI_execute — выполнить команду

Синтаксис

```
int SPI_execute(const char * command, bool read_only, long count)
```

Описание

`SPI_execute` выполняет заданную команду SQL для получения строк в количестве, ограниченном *`count`*. С параметром *`read_only`*, равным `true`, команда должна только читать данные; это несколько сокращает издержки на её выполнение.

Эту функцию можно вызывать только из подключённой функции на C.

Если *`count`* равен 0, команда выполняется для всех строк, к которым она применима. Если *`count`* больше нуля, будет получено не более чем *`count`* строк; выполнение команды остановится при достижении этого предела, практически так же, как и с предложением `LIMIT` в запросе. Например, команда:

```
SPI_execute("SELECT * FROM foo", true, 5);
```

получит из таблицы не более 5 строк. Заметьте, что это ограничение действует, только когда команда действительно возвращает строки. Например, эта команда:

```
SPI_execute("INSERT INTO foo SELECT * FROM bar", false, 5);
```

вставляет все строки из `bar`, игнорируя параметр *`count`*. Однако команда

```
SPI_execute("INSERT INTO foo SELECT * FROM bar RETURNING *", false, 5);
```

вставит не более 5 строк, так как её выполнение будет остановлено после получения пятой строки, выданной предложением `RETURNING`.

В одной строке можно передать несколько команд; `SPI_execute` возвращает результат команды, выполненной последней. Параметр *`count`* при этом будет применяться к каждой команде по отдельности (несмотря даже на то, что возвращён будет только последний результат). Это ограничение не будет распространяться на скрытые команды, генерируемые правилами.

Когда параметр *`read_only`* равен `false`, `SPI_execute` увеличивает счётчик команд и получает новый *снимок* перед выполнением каждой очередной команды в строке. Этот снимок фактически не меняется при текущем уровне изоляции транзакций `SERIALIZABLE` или `REPEATABLE READ`, но в режиме `READ COMMITTED` после обновления снимка очередная команда может видеть результаты только что зафиксированных транзакций из других сеансов. Это важно для согласованного поведения, когда команды модифицируют базу данных.

Когда параметр *`read_only`* равен `true`, `SPI_execute` не обновляет снимок и не увеличивает счётчик команд, и допускает в строке команд только `SELECT`. Заданные команды выполняются со снимком, ранее полученным для окружающего запроса. Этот режим выполнения несколько быстрее режима чтения/записи вследствие исключения издержек, связанных с отдельными командами. Он также позволяет создавать подлинно *стабильные* функции: так как последующие вызовы в транзакции будут использовать один снимок, результаты команд не изменятся.

Смешивать команды, только читающие, с командами, читающими и пишущими, в одной процедуре, использующей SPI, обычно неразумно; запросы только на чтение не увидят результатов изменений в базе данных, произведённых пишущими запросами.

Число строк, которые были фактически обработаны (последней) командой, возвращается в глобальной переменной `SPI_processed`. Если эта функция возвращает значение `SPI_OK_SELECT`,

SPI_OK_INSERT_RETURNING, SPI_OK_DELETE_RETURNING или SPI_OK_UPDATE_RETURNING, вы можете обратиться по глобальному указателю SPITupleTable *SPI_tuptable и прочитать строки результата. Некоторые служебные команды (например, EXPLAIN) также возвращают наборы строк, и SPI_tuptable будет содержать их результаты и в этих случаях. Другие вспомогательные команды (COPY, CREATE TABLE AS) не возвращают набор строк, так что указатель SPI_tuptable равен NULL, но они так же возвращают число обработанных строк в SPI_processed.

Структура SPITupleTable определена так:

```
typedef struct SPITupleTable
{
    /* Открытые члены */
    TupleDesc   tupdesc;        /* дескриптор кортежа */
    HeapTuple  *vals;           /* массив кортежей */
    uint64      numvals;        /* число фактически представленных кортежей */

    /* Закрытые члены, не предназначенные для внешнего использования */
    uint64      alloced;        /* зарезервированное в памяти число элементов vals */
    MemoryContext tuptabcxt;    /* контекст таблицы результатов в памяти */
    slist_node  next;           /* ссылка для внутреннего обслуживания */
    SubTransactionId subid;     /* подтранзакция, создавшая структуру tuptable */
} SPITupleTable;
```

Поля tupdesc, vals и numvals могут использоваться кодом, вызывающим SPI, остальные поля являются внутренними. vals представляет собой массив указателей на кортежи. Число записей в нём указывается в numvals (по некоторым историческим причинам это число также возвращается в SPI_processed). Поле tupdesc содержит дескриптор кортежа, который вы сможете передать функциям SPI, работающими с кортежами.

SPI_finish освобождает все структуры SPITupleTable, размещённые в памяти для текущей функции на C. Вы можете освободить структуру конкретной результирующей таблицы, если она вам не нужна, вызвав SPI_freetuptable.

Аргументы

const char * *command*

строка с командой, которая должна быть выполнена

bool *read_only*

true для режима выполнения «только чтение»

long *count*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается одно из следующих (неотрицательных) значений:

SPI_OK_SELECT

если выполнялась команда SELECT (но не SELECT INTO)

SPI_OK_SELINTO

если выполнялась команда SELECT INTO

SPI_OK_INSERT

если выполнялась команда INSERT

SPI_OK_DELETE

    если выполнялась команда DELETE

SPI_OK_UPDATE

    если выполнялась команда UPDATE

SPI_OK_INSERT_RETURNING

    если выполнялась команда INSERT RETURNING

SPI_OK_DELETE_RETURNING

    если выполнялась команда DELETE RETURNING

SPI_OK_UPDATE_RETURNING

    если выполнялась команда UPDATE RETURNING

SPI_OK_UTILITY

    если выполнялась служебная команда (например, CREATE TABLE)

SPI_OK_REWRITTEN

    если команда была преобразована правилом в команду другого вида (например, UPDATE стал командой INSERT).

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

SPI_ERROR_ARGUMENT

    если в качестве *command* передан NULL или *count* меньше 0

SPI_ERROR_COPY

    при попытке выполнить COPY TO stdout или COPY FROM stdin

SPI_ERROR_TRANSACTION

    при попытке выполнить команду управления транзакциями (BEGIN, COMMIT, ROLLBACK, SAVEPOINT, PREPARE TRANSACTION, COMMIT PREPARED, ROLLBACK PREPARED или любую их вариацию)

SPI_ERROR_OPUNKNOWN

    если тип команды неизвестен (такого быть не должно)

SPI_ERROR_UNCONNECTED

    если вызывается из неподключённой функции на C

Примечания

Все функции SPI, выполняющие запросы, заполняют и SPI_processed, и SPI_tuptable (только указатель, но не содержимое структуры). Сохраните эти две глобальные переменные в локальных переменных функции на C, если хотите обращаться к таблице результата SPI_execute или другой функции, выполняющей запрос, в нескольких вызовах процедуры.

SPI_exec

SPI_exec — выполнить команду чтения/записи

Синтаксис

```
int SPI_exec(const char * command, long count)
```

Описание

`SPI_exec` действует подобно `SPI_execute`, но ей не передаётся параметр *`read_only`* (всегда подразумевается `false`).

Аргументы

`const char * command`

строка с командой, которая должна быть выполнена

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с `0` ограничения нет

Возвращаемое значение

См. `SPI_execute`.

SPI_execute_with_args

SPI_execute_with_args — выполнить команду с выделенными параметрами

Синтаксис

```
int SPI_execute_with_args(const char *command,
                          int nargs, Oid *argtypes,
                          Datum *values, const char *nulls,
                          bool read_only, long count)
```

Описание

`SPI_execute_with_args` выполняет команду, которая может включать ссылки на параметры, передаваемые извне. В тексте команды параметры обозначаются символами `$n`, а в вызове указываются типы данных и значения для каждого такого символа. Параметры *read_only* и *count* имеют тот же смысл, что и в `SPI_execute`.

Основное преимущество этой функции по сравнению с `SPI_execute` в том, что она позволяет передавать в команду значения данных, не требуя кропотливой подготовки строк, и таким образом сокращает риск атак с SQL-инъекцией.

Подобного результата можно достичь, вызвав `SPI_prepare` и затем `SPI_execute_plan`; однако с данной функцией план запроса всегда подстраивается под переданные конкретные значения параметров. Поэтому для разового выполнения запроса рекомендуется применять эту функцию. Если же одна и та же команда должна выполняться с самыми разными параметрами, какой вариант окажется быстрее, будет зависеть от стоимости повторного планирования и выигрыша от выбора специализированных планов.

Аргументы

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (`$1`, `$2` и т. д.)

`Oid * argtypes`

массив размера *nargs*, содержащий OID типов параметров

`Datum * values`

массив размера *nargs*, содержащий фактические значения параметров

`const char * nulls`

массив размера *nargs*, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL

Если в *nulls* передаётся `NULL`, `SPI_execute_with_args` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль (`'\0'`) в конце не нужен.

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение» `long` *count*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с `0` ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute`.

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

SPI_prepare

SPI_prepare — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare(const char * command, int nargs, Oid * argtypes)
```

Описание

`SPI_prepare` создаёт и возвращает подготовленный оператор для заданной команды. Подготовленный оператор может быть затем неоднократно выполнен функцией `SPI_execute_plan`.

Когда одна и та же или похожие команды выполняются неоднократно, обычно выгоднее произвести анализ запроса только раз, а ещё выгоднее может быть повторно использовать план выполнения команды. `SPI_prepare` преобразует строку команды в подготовленный оператор, включающий в себя результаты анализа запроса. Подготовленный оператор также оставляет место для кеширования плана выполнения, если выбор специализированного плана для каждого выполнения не принесёт пользы.

Подготавливаемую команду можно сделать более общей, записав параметры (`$1`, `$2`, etc.) вместо значений, задаваемыми константами в обычной команде. Фактические значения параметров в этом случае будут задаваться при вызове `SPI_execute_plan`. Это позволяет применять подготовленную команду в более широком круге ситуаций, чем это возможно без параметров.

Оператор, возвращаемый функцией `SPI_prepare`, может использоваться только в текущем вызове функции на C, так как `SPI_finish` освобождает память, выделенную для такого оператора. Но этот оператор может быть сохранён на будущее с помощью функций `SPI_keepplan` или `SPI_saveplan`.

Аргументы

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (`$1`, `$2` и т. д.)

`Oid * argtypes`

указатель на массив, содержащий OID типов параметров

Возвращаемое значение

`SPI_prepare` возвращает ненулевой указатель на `SPIPlan`, скрытую структуру, представляющую подготовленный оператор. В случае ошибки возвращается `NULL`, а в `SPI_result` устанавливается один из кодов ошибок, определённых для `SPI_execute`, за исключением того, что код `SPI_ERROR_ARGUMENT` устанавливается, когда *`command`* — `NULL`, когда *`nargs`* меньше 0 или когда *`nargs`* больше 0, а *`argtypes`* — `NULL`.

Примечания

Если параметры не определены, при первом использовании `SPI_execute_plan` создаётся общий план, который затем будет применяться при последующих вызовах. Если же присутствуют параметры, `SPI_execute_plan` будет создавать специализированные планы для конкретных значений параметров. После достаточного количества использований полученного подготовленного оператора, функция `SPI_execute_plan` построит общий план, и если он не будет значительно дороже специализированных, она начнёт использовать его, а не будет строить план заново. Если это поведение по умолчанию не устраивает, его можно изменить, передав флаг `CURSOR_OPT_GENERIC_PLAN` или CURSOR_OPT_CUSTOM_PLAN в SPI_prepare_cursor, чтобы ограничиться использованием только общего или специализированных планов, соответственно.

Хотя основной смысл подготовленного оператора в том, чтобы избежать повторного разбора и планирования запроса, PostgreSQL всё же будет принудительно повторять разбор и планирование запроса перед его выполнением, если со времени предыдущего использования подготовленного оператора произойдут изменения определений (DDL) объектов базы, задействованных в этом запросе. Также, если перед очередным использованием было изменено значение search_path, запрос будет разобран заново с новым значением search_path. (Последняя особенность появилась в PostgreSQL 9.3.) Чтобы узнать о поведении подготовленных операторов больше, обратитесь к PREPARE.

Эту функцию следует вызывать только из подключённой функции на C.

SPIPlanPtr объявлен в spi.h как указатель на скрытую структуру. Пытаться обращаться к её содержимому напрямую не стоит, так как ваш код скорее всего сломается при выходе новых версий PostgreSQL.

Имя SPIPlanPtr объясняется отчасти историческими причинами, так как теперь эта структура может не содержать собственно план выполнения.

SPI_prepare_cursor

SPI_prepare_cursor — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare_cursor(const char * command, int nargs,
                              Oid * argtypes, int cursorOptions)
```

Описание

Функция `SPI_prepare_cursor` равнозначна `SPI_prepare`, за исключением того, что ей можно передать «параметры курсора». Эти параметры задаются битовой маской со значениями, определёнными в `nodes/parsenodes.h` для поля `options` структуры `DeclareCursorStmt`. `SPI_prepare` подразумевает, что эти параметры всегда нулевые.

Аргументы

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (`$1`, `$2` и т. д.)

`Oid * argtypes`

указатель на массив, содержащий OID типов параметров

`int cursorOptions`

битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

`SPI_prepare_cursor` возвращает результат по тем же соглашениям, что и `SPI_prepare`.

Примечания

К числу полезных бит, которые можно задать в *cursorOptions*, относятся `CURSOR_OPT_SCROLL`, `CURSOR_OPT_NO_SCROLL`, `CURSOR_OPT_FAST_PLAN`, `CURSOR_OPT_GENERIC_PLAN` и `CURSOR_OPT_CUSTOM_PLAN`. Заметьте, что параметр `CURSOR_OPT_HOLD` игнорируется.

SPI_prepare_params

SPI_prepare_params — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare_params(const char * command,
                              ParserSetupHook parserSetup,
                              void * parserSetupArg,
                              int cursorOptions)
```

Описание

`SPI_prepare_params` создаёт и возвращает подготовленный оператор для заданной команды, но не выполняет саму команду. Эта функция равнозначна `SPI_prepare_cursor`, но позволяет вызывающему дополнительно установить функции-обработчики для управления разбором ссылок на внешние параметры.

Аргументы

`const char * command`

    строка команды

`ParserSetupHook parserSetup`

    Функция настройки обработчиков разбора

`void * parserSetupArg`

    аргумент для сквозной передачи в *parserSetup*

`int cursorOptions`

    битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

`SPI_prepare_params` возвращает результат по тем же соглашениям, что и `SPI_prepare`.

SPI_getargcount

SPI_getargcount — получить число аргументов, требующихся оператору, подготовленному функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_getargcount(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_getargcount` возвращает число аргументов, требующихся для выполнения оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

Возвращаемое значение

Число аргументов, которое ожидает план, заданный параметром *plan*. Если значение *plan* неверное или `NULL`, в `SPI_result` устанавливается код `SPI_ERROR_ARGUMENT`, а функция возвращает -1.

SPI_getargtypeid

SPI_getargtypeid — получить OID типа аргумента для оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
Oid SPI_getargtypeid(SPIPlanPtr plan, int argIndex)
```

Описание

`SPI_getargtypeid` возвращает OID, представляющий тип аргумента под номером *argIndex* оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`. Первый аргумент идёт под номером ноль.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *plan*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`int` *argIndex*

индекс аргумента, начиная с нуля

Возвращаемое значение

OID типа аргумента с заданным индексом. Если значение *plan* неверное или `NULL`, либо *argIndex* меньше 0 или не меньше числа аргументов, объявленных при подготовке плана (передаваемого в *plan*), в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_ARGUMENT` и возвращается `InvalidOid`.

SPI_is_cursor_plan

SPI_is_cursor_plan — выдать `true`, если оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`, можно использовать с `SPI_cursor_open`

Синтаксис

```
bool SPI_is_cursor_plan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_is_cursor_plan` возвращает `true`, если оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`, можно передать в качестве аргумента `SPI_cursor_open`, или `false` в противном случае. Для положительного ответа в *`plan`* должна быть представлена одна команда, и эта команда должна возвращать кортежи; например, `SELECT` может быть подходящей командой, если он не содержит предложения `INTO`, а `UPDATE` подходит, только если он содержит предложение `RETURNING`.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *`plan`*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

Возвращаемое значение

Значение `true` или `false`, показывающее, можно ли для подготовленного оператора, заданного параметром *`plan`*, получить курсор, при `SPI_result` равном нулю. Если дать ответ невозможно (например, если значение *`plan`* неверное или `NULL`, либо вызывающий не подключён к SPI), в `SPI_result` устанавливается соответствующий код ошибки и возвращается `false`.

SPI_execute_plan

SPI_execute_plan — выполнить оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_execute_plan(SPIPlanPtr plan, Datum * values, const char * nulls,
                     bool read_only, long count)
```

Описание

`SPI_execute_plan` выполняет оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare` или родственными ей. Параметры *read_only* и *count* имеют тот же смысл, что и в `SPI_execute`.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *plan*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`Datum *` *values*

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

`const char *` *nulls*

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в *nulls* передаётся `NULL`, `SPI_execute_plan` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль (`'\0'`) в конце не нужен.

`bool` *read_only*

`true` для режима выполнения «только чтение»

`long` *count*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с `0` ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute`, со следующими дополнительными вариантами ошибок (отрицательных результатов):

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

Если *plan* неверный или `NULL`, либо *count* меньше 0

`SPI_ERROR_PARAM`

Если в *values* передан `NULL` и *plan* был подготовлен с другими параметрами

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

SPI_execute_plan_with_paramlist

SPI_execute_plan_with_paramlist — выполнить оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_execute_plan_with_paramlist(SPIPlanPtr plan,
                                    ParamListInfo params,
                                    bool read_only,
                                    long count)
```

Описание

`SPI_execute_plan_with_paramlist` выполняет оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`. Данная функция равнозначна `SPI_execute_plan`, не считая того, что информация о значениях параметров, передаваемых запросу, представляется по-другому. Представление `ParamListInfo` может быть удобным для передачи значений, уже имеющих нужный формат. Эта функция также поддерживает динамические наборы параметров, которые реализуются через функции-обработчики, устанавливаемые в `ParamListInfo`.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *`plan`*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`ParamListInfo` *`params`*

структура данных, содержащая типы и значения параметров; NULL, если их нет

`bool` *`read_only`*

`true` для режима выполнения «только чтение»

`long` *`count`*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с `0` ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute_plan`.

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute_plan`, если вызов был успешным.

SPI_execp

SPI_execp — выполнить оператор в режиме чтения/записи

Синтаксис

```
int SPI_execp(SPIPlanPtr plan, Datum * values, const char * nulls, long count)
```

Описание

`SPI_execp` действует подобно `SPI_execute_plan`, но ей не передаётся параметр *`read_only`* (всегда подразумевается `false`).

Аргументы

`SPIPlanPtr` *`plan`*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`Datum *` *`values`*

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

`const char *` *`nulls`*

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в *`nulls`* передаётся `NULL`, `SPI_execp` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *`nulls`* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *`values`*, не учитывается.) Заметьте, что *`nulls`* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль (`'\0'`) в конце не нужен.

`long` *`count`*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с `0` ограничения нет

Возвращаемое значение

См. `SPI_execute_plan`.

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

SPI_cursor_open

SPI_cursor_open — открыть курсор для оператора, созданного функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open(const char * name, SPIPlanPtr plan,
                       Datum * values, const char * nulls,
                       bool read_only)
```

Описание

`SPI_cursor_open` открывает курсор (внутри называемый порталом), через который будет выполняться оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`. Параметры этой функции имеют тот же смысл, что и соответствующие параметры `SPI_execute_plan`.

Применение курсора по сравнению с непосредственным выполнением оператора даёт двойную выгоду. Во-первых, строки результата можно получать в небольших количествах, без риска исчерпать всю память при выполнении запросов, возвращающих много строк. Во-вторых, портал может существовать и после завершения текущей функции на C (на самом деле он может просуществовать до конца текущей транзакции). Возвратив имя портала в код, вызывающий функцию на C, можно организовать выдачу результата в виде набора строк.

Переданные значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

`const char * name`

имя портала, либо `NULL`, чтобы имя выбрала система

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`Datum * values`

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

`const char * nulls`

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в *`nulls`* передаётся `NULL`, `SPI_cursor_open` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *`nulls`* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *`values`*, не учитывается.) Заметьте, что *`nulls`* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль (`'\0'`) в конце не нужен.

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение»

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через `elog`.

SPI_cursor_open_with_args

SPI_cursor_open_with_args — открывает курсор для запроса с параметрами

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open_with_args(const char *name,
                                 const char *command,
                                 int nargs, Oid *argtypes,
                                 Datum *values, const char *nulls,
                                 bool read_only, int cursorOptions)
```

Описание

`SPI_cursor_open_with_args` открывает курсор (внутри называемый порталом) для выполнения заданного запроса. Большинство параметров имеют тот же смысл, что и соответствующие параметры функций `SPI_prepare_cursor` и `SPI_cursor_open`.

Для разового выполнения запроса эту функцию следует предпочесть `SPI_prepare_cursor` с последующей `SPI_cursor_open`. Если же одна и та же команда должна выполняться с самыми разными параметрами, какой вариант окажется быстрее, будет зависеть от стоимости повторного планирования и выигрыша от выбора специализированных планов.

Переданные значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

`const char * name`

имя портала, либо `NULL`, чтобы имя выбрала система

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (`$1`, `$2` и т. д.)

`Oid * argtypes`

массив размера *nargs*, содержащий OID типов параметров

`Datum * values`

массив размера *nargs*, содержащий фактические значения параметров

`const char * nulls`

массив размера *nargs*, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL

Если в *nulls* передаётся `NULL`, `SPI_cursor_open_with_args` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль (`'\0'`) в конце не нужен.

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение» `int` *`cursorOptions`*

битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через `elog`.

SPI_cursor_open_with_paramlist

SPI_cursor_open_with_paramlist — открыть курсор с параметрами

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open_with_paramlist(const char *name,
                                      SPIPlanPtr plan,
                                      ParamListInfo params,
                                      bool read_only)
```

Описание

`SPI_cursor_open_with_paramlist` открывает курсор (внутри называемый порталом) для выполнения оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`. Эта функция равнозначна `SPI_cursor_open`, не считая того, что информация о значениях параметров, передаваемых запросу, представляется по-другому. Представление `ParamListInfo` может быть удобным для передачи значений, уже имеющих нужный формат. Эта функция также поддерживает динамические наборы параметров через функции-обработчики, устанавливаемые в `ParamListInfo`.

Переданные значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

`const char * name`

имя портала, либо `NULL`, чтобы имя выбрала система

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`ParamListInfo params`

структура данных, содержащая типы и значения параметров; NULL, если их нет

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение»

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через `elog`.

SPI_cursor_find

SPI_cursor_find — найти существующий курсор по имени

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_find(const char * name)
```

Описание

`SPI_cursor_find` находит существующий портал по имени. В основном это полезно для разрешения имени курсора, возвращённого в текстовом виде какой-то другой функцией.

Аргументы

`const char * name`

имя портала

Возвращаемое значение

указатель на портал с заданным именем или `NULL`, если такой портал не найден

Примечания

Помните, что эта функция может возвращать объект `Portal`, который не имеет свойств, подобных курсору, например, она может не возвращать кортежи. Если просто передать указатель `Portal` другим функциям SPI, они могут защититься от таких случаев, но при непосредственной проверке `Portal` следует проявлять осторожность.

SPI_cursor_fetch

SPI_cursor_fetch — выбрать строки через курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_fetch(Portal portal, bool forward, long count)
```

Описание

`SPI_cursor_fetch` выбирает некоторое количество строк через курсор. Эта функция реализует подмножество возможностей SQL-команды `FETCH` (расширенную функциональность предоставляет `SPI_scroll_cursor_fetch`).

Аргументы

`Portal` *`portal`*

портал, содержащий курсор

`bool` *`forward`*

true для выборки с перемещением вперёд, false — назад

`long` *`count`*

максимальное число строк, которое нужно выбрать

Возвращаемое значение

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

Примечания

Выборка назад может не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра `CURSOR_OPT_SCROLL`.

SPI_cursor_move

SPI_cursor_move — переместить курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_move(Portal portal, bool forward, long count)
```

Описание

`SPI_cursor_move` перемещает курсор на несколько строк. Эта функция реализует подмножество возможностей SQL-команды `MOVE` (расширенную функциональность предоставляет `SPI_scroll_cursor_move`).

Аргументы

`Portal portal`

портал, содержащий курсор

`bool forward`

true для перемещения вперёд, false — назад

`long count`

максимальное число строк, на какое возможно перемещение

Примечания

Перемещение назад может не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра `CURSOR_OPT_SCROLL`.

SPI_scroll_cursor_fetch

SPI_scroll_cursor_fetch — выбрать строки через курсор

Синтаксис

```
void SPI_scroll_cursor_fetch(Portal portal, FetchDirection direction,
                             long count)
```

Описание

`SPI_scroll_cursor_fetch` выбирает некоторое количество строк через курсор. Её функциональность равнозначна `FETCH` в SQL.

Аргументы

`Portal portal`

портал, содержащий курсор

`FetchDirection direction`

один из вариантов: `FETCH_FORWARD`, `FETCH_BACKWARD`, `FETCH_ABSOLUTE` или `FETCH_RELATIVE`

`long count`

число строк, выбираемых с направлением `FETCH_FORWARD` или `FETCH_BACKWARD`; абсолютный номер выбираемой строки с вариантом `FETCH_ABSOLUTE`; либо относительный номер выбираемой строки с вариантом `FETCH_RELATIVE`

Возвращаемое значение

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

Примечания

Подробнее о параметрах *`direction`* и *`count`* рассказывается в описании SQL-команды FETCH.

Варианты направления, отличные от `FETCH_FORWARD`, могут не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра `CURSOR_OPT_SCROLL`.

SPI_scroll_cursor_move

SPI_scroll_cursor_move — переместить курсор

Синтаксис

```
void SPI_scroll_cursor_move(Portal portal, FetchDirection direction,
                            long count)
```

Описание

`SPI_scroll_cursor_move` перемещает курсор на несколько строк. Её функциональность равнозначна `MOVE` в SQL.

Аргументы

`Portal portal`

портал, содержащий курсор

`FetchDirection direction`

один из вариантов: `FETCH_FORWARD`, `FETCH_BACKWARD`, `FETCH_ABSOLUTE` или `FETCH_RELATIVE`

`long count`

число строк, на которое сдвигается курсор, с направлением `FETCH_FORWARD` или `FETCH_BACKWARD`; абсолютный номер строки, к которой переходит курсор, с направлением `FETCH_ABSOLUTE`; либо относительный номер строки, к которой переходит курсор, с направлением `FETCH_RELATIVE`

Возвращаемое значение

В случае успеха переменная `SPI_processed` устанавливается как в `SPI_execute`. В `SPI_tuptable` оказывается `NULL`, так как эта функция не возвращает никакие строки.

Примечания

Подробнее о параметрах *direction* и *count* рассказывается в описании SQL-команды FETCH.

Варианты направления, отличные от `FETCH_FORWARD`, могут не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра `CURSOR_OPT_SCROLL`.

SPI_cursor_close

SPI_cursor_close — закрыть курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_close(Portal portal)
```

Описание

`SPI_cursor_close` закрывает ранее созданный курсор и освобождает память, занятую его порталом.

Все открытые курсоры закрываются автоматически в конце транзакции. Вызывать `SPI_cursor_close` может потребоваться, только если возникает желание освободить ресурсы скорее.

Аргументы

`Portal *portal*`

портал, содержащий курсор

SPI_keepplan

SPI_keepplan — сохранить подготовленный оператор

Синтаксис

```
int SPI_keepplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_keepplan` закрепляет переданный оператор (подготовленный функцией `SPI_prepare`), чтобы он не был ликвидирован функцией `SPI_finish` или диспетчером транзакций. Это даёт возможность повторно использовать подготовленные операторы при последующих вызовах вашей функции на C в текущем сеансе.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *`plan`*

подготовленный оператор, который нужно сохранить

Возвращаемое значение

0 в случае успеха; `SPI_ERROR_ARGUMENT`, если *`plan`* неверный или `NULL`

Примечания

Переданный оператор перемещается в постоянное хранилище путём смены указателя (копировать данные не требуется). Если позже вы захотите удалить его, выполните для него `SPI_freeplan`.

SPI_saveplan

SPI_saveplan — сохранить подготовленный оператор

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_saveplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_saveplan` копирует переданный оператор (подготовленный функцией `SPI_prepare`) в память, чтобы он не был ликвидирован функцией `SPI_finish` или менеджером транзакций, и возвращает указатель на скопированный оператор. Это даёт возможность повторно использовать подготовленные операторы при последующих вызовах вашей функции на C в текущем сеансе.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор, который нужно сохранить

Возвращаемое значение

Указатель на скопированный оператор, либо `NULL` в случае ошибки. При ошибке `SPI_result` принимает одно из этих значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если *plan* неверный или `NULL`

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на C

Примечания

Изначально переданный оператор не освобождается, поэтому вы можете выполнить `SPI_freeplan` для него, чтобы высвободить память до `SPI_finish`.

В большинстве случаев `SPI_keepplan` предпочтительнее данной функции, так как она даёт примерно тот же результат, но обходится без физического копирования структур данных подготовленного оператора.

SPI_register_relation

SPI_register_relation — сделать эфемерное именованное отношение доступным по имени в запросах SPI

Синтаксис

```
int SPI_register_relation(EphemeralNamedRelation enr)
```

Описание

`SPI_register_relation` делает эфемерное именованное отношение (со связанной информацией) доступным в запросах, планируемых и выполняемых через текущее подключение SPI.

Аргументы

`EphemeralNamedRelation` *`enr`*

запись эфемерного именованного отношения в реестре

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

`SPI_OK_REL_REGISTER`

если отношение было успешно зарегистрировано по имени

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если `NULL` передан в *`enr`* или в поле `name`

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на C

`SPI_ERROR_REL_DUPLICATE`

если имя, заданное в поле `name` структуры *`enr`*, уже зарегистрировано для этого отношения

SPI_unregister_relation

SPI_unregister_relation — удалить эфемерное именованное отношение из реестра

Синтаксис

```
int SPI_unregister_relation(const char * name)
```

Описание

`SPI_unregister_relation` удаляет эфемерное именованное отношение из реестра для текущего подключения.

Аргументы

`const char * name`

имя записи отношения в реестре

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

`SPI_OK_REL_UNREGISTER`

если совокупность кортежей была успешно удалена из реестра

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если в *name* передан `NULL`

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на C

`SPI_ERROR_REL_NOT_FOUND`

если *name* не находится в реестре для текущего подключения

SPI_register_trigger_data

SPI_register_trigger_data — сделать эфемерные данные триггера доступными в запросах SPI

Синтаксис

```
int SPI_register_trigger_data(TriggerData *tdata)
```

Описание

`SPI_register_trigger_data` делает эфемерные отношения, которые перехватывает триггер, доступными для запросов, планируемых и выполняемых через текущее подключение SPI. В настоящее время это переходные таблицы, перехватываемые триггером `AFTER`, определённым с предложением `REFERENCING OLD/NEW TABLE AS`. Эта функция должна вызываться функцией, реализующей триггер на языке программирования, после подключения.

Аргументы

`TriggerData *tdata`

объект `TriggerData`, передаваемый функцией, реализующей триггер, через `fcinfo->context`

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

`SPI_OK_TD_REGISTER`

если перехваченные данные триггера (при наличии) были успешно зарегистрированы

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если в *tdata* передан `NULL`

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на C

`SPI_ERROR_REL_DUPLICATE`

если имя в любом из переходных отношений в данных триггера уже зарегистрировано для этого подключения

46.2. Вспомогательные интерфейсные функции

Функции, описанные здесь, предоставляют возможности для извлечения информации из наборов результатов, возвращаемых `SPI_execute` и другими функциями SPI.

Все функции, описанные в этом разделе, могут использоваться и в подключённых, и в неподключённых функциях на C.

SPI_fname

SPI_fname — определить имя столбца с заданным номером

Синтаксис

```
char * SPI_fname(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_fname` возвращает копию имени столбца с заданным номером. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Имя столбца; `NULL`, если *colnumber* вне допустимого диапазона. В случае ошибки в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_fnumber

SPI_fnumber — определить номер столбца с заданным именем

Синтаксис

```
int SPI_fnumber(TupleDesc rowdesc, const char * colname)
```

Описание

`SPI_fnumber` возвращает номер столбца, имеющего заданное имя.

Если *colname* ссылается на системный столбец (например, `ctid`), возвращается соответствующий отрицательный номер столбца. Вызывающий должен проверять, не была ли возвращена ошибка, сравнивая значение результата именно с `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`; проверка результата по условию меньше или равно нулю не будет корректной, если только системные столбцы не должны исключаться.

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`const char * colname`

имя столбца

Возвращаемое значение

Номер столбца (начиная с 1 для столбцов, создаваемых пользователем), либо `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`, если столбец с заданным именем не найден.

SPI_getvalue

SPI_getvalue — получить строковое значение указанного столбца

Синтаксис

```
char * SPI_getvalue(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_getvalue` возвращает строковое представление значения указанного столбца.

Результат возвращается в памяти, размещённой функцией `palloc`. (Когда он будет не нужен, эту память можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`HeapTuple *row*`

строка с нужными данными

`TupleDesc *rowdesc*`

описание строк

`int *colnumber*`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Значение столбца, либо `NULL`, если столбец содержит NULL, *`colnumber`* вне допустимого диапазона (в `SPI_result` при этом устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`) или если отсутствует функция вывода (в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOOUTFUNC`).

SPI_getbinval

SPI_getbinval — получить двоичное значение указанного столбца

Синтаксис

```
Datum SPI_getbinval(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc, int colnumber,
                    bool * isnull)
```

Описание

`SPI_getbinval` возвращает значение указанного столбца во внутренней форме (в структуре `Datum`).

Эта функция не выделяет новый блок памяти для данных. В случае с типом, передаваемым по ссылке, возвращаемым значением будет указатель на переданную строку данных.

Аргументы

`HeapTuple` *`row`*

строка с нужными данными

`TupleDesc` *`rowdesc`*

описание строк

`int` *`colnumber`*

номер столбца (начиная с 1)

`bool *` *`isnull`*

признак того, что столбец содержит NULL

Возвращаемое значение

Возвращается двоичное значение столбца. Если этот столбец содержит NULL, переменной, на которую указывает *`isnull`*, присваивается true; в противном случае — false.

При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_gettype

SPI_gettype — получить имя типа данных указанного столбца

Синтаксис

```
char * SPI_gettype(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_gettype` возвращает копию имени типа данных указанного столбца. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Имя типа данных указанного столбца, либо `NULL` в случае ошибки. При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_gettypeid

SPI_gettypeid — получить OID типа данных указанного столбца

Синтаксис

```
Oid SPI_gettypeid(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_gettypeid` возвращает OID типа данных указанного столбца.

Аргументы

`TupleDesc` *`rowdesc`*

описание строк

`int` *`colnumber`*

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

OID типа данных указанного столбца, либо `InvalidOid` в случае ошибки. При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_getrelname

SPI_getrelname — возвращает имя указанного отношения

Синтаксис

```
char * SPI_getrelname(Relation rel)
```

Описание

`SPI_getrelname` возвращает копию имени указанного отношения. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`Relation` *`rel`*

целевое отношение

Возвращаемое значение

Имя указанного отношения.

SPI_getnspname

SPI_getnspname — возвращает пространство имён указанного отношения

Синтаксис

```
char * SPI_getnspname(Relation rel)
```

Описание

`SPI_getnspname` возвращает копию имени пространства имён, к которому принадлежит указанное отношение (`Relation`). Пространство имён по-другому называется схемой отношения. Когда значение, возвращённое этой функцией, будет не нужно, освободите его с помощью `pfree`.

Аргументы

`Relation rel`

целевое отношение

Возвращаемое значение

Имя пространства имён указанного отношения.

SPI_result_code_string

SPI_result_code_string — возвращает код ошибки в виде строки

Синтаксис

```
const char * SPI_result_code_string(int code);
```

Описание

`SPI_result_code_string` выдаёт строковое представление для кода результата, который возвращается различными функциями SPI или находится в `SPI_result`.

Аргументы

`int code`

код результата

Возвращаемое значение

Строковое представление кода результата.

46.3. Управление памятью

PostgreSQL выделяет память в *контекстах памяти* и тем самым реализует удобный способ управления выделением памяти в различных местах, с разными сроками жизни выделенной памяти. При уничтожении контекста освобождается вся выделенная в нём память. Таким образом, нет необходимости контролировать каждый отдельный объект во избежание утечек памяти; вместо этого достаточно управлять только небольшим числом контекстов. Функция `palloc` и родственные ей освобождают память из «текущего» контекста.

`SPI_connect` создаёт новый контекст памяти и делает его текущим. `SPI_finish` восстанавливает контекст, который был текущим до этого, и уничтожает контекст, созданный функцией `SPI_connect`. Эти действия обеспечивают при выходе из вашей функции на C освобождение временной памяти, выделенной внутри этой функции, во избежание утечки памяти.

Однако если ваша функция на C должна вернуть объект в выделенной памяти (как значение типа, передаваемого по ссылке), эту память нельзя выделять через `palloc`, как минимум пока установлено подключение к SPI. Если вы попытаетесь это сделать, объект будет освобождён при вызове `SPI_finish` и ваша функция не будет работать надёжно. Для решения этой проблемы выделяйте память для возвращаемого объекта, используя `SPI_palloc`. `SPI_palloc` выделяет память в «верхнем контексте исполнителя», то есть, в контексте памяти, который был текущим при вызове `SPI_connect`; именно этот контекст подходит для значения, возвращаемого из функции на C. Некоторые из вспомогательных функций, описанных в этом разделе, также возвращают объекты, созданные в верхнем контексте исполнителя.

Когда вызывается `SPI_connect`, текущим контекстом становится частный контекст функции на C, создаваемый в `SPI_connect`. Все операции выделения памяти, выполняемые функциями `palloc`, `repalloc` или служебными функциями SPI (кроме описанных в этом разделе исключений), производятся в этом контексте. Когда функция на C отключается от менеджера SPI (выполняя `SPI_finish`), текущим контекстом снова становится верхний контекст исполнителя, а вся память, выделенная в контексте этой функции, освобождается, так что использовать её дальше нельзя.

SPI_palloc

SPI_palloc — выделить память в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void * SPI_palloc(Size size)
```

Описание

`SPI_palloc` выделяет память в верхнем контексте исполнителя.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она выдаёт ошибку.

Аргументы

`Size size`

размер выделяемой памяти, в байтах

Возвращаемое значение

указатель на выделенный блок памяти заданного размера

SPI_repalloc

SPI_repalloc — поменять блок памяти в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void * SPI_repalloc(void * pointer, Size size)
```

Описание

`SPI_repalloc` изменяет размер блока памяти, ранее выделенного функцией `SPI_palloc`.

Эта функция теперь не отличается от простой `repalloc`. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

`void * pointer`

указатель на существующий блок памяти, подлежащий изменению

`Size size`

размер выделяемой памяти, в байтах

Возвращаемое значение

указатель на новый блок памяти указанного размера, в который скопировано содержимое прежнего блока

SPI_pfree

SPI_pfree — освободить память в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void SPI_pfree(void * pointer)
```

Описание

`SPI_pfree` освобождает память, ранее выделенную функцией `SPI_palloc` или `SPI_repalloc`.

Эта функция теперь не отличается от простой `pfree`. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

`void * pointer`

указатель на существующий блок памяти, подлежащий освобождению

SPI_copytuple

SPI_copytuple — скопировать строку в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
HeapTuple SPI_copytuple(HeapTuple row)
```

Описание

`SPI_copytuple` делает копию строки в верхнем контексте исполнителя. Обычно это применяется, когда нужно вернуть изменённую строку из триггера. В функции, которая должна возвращать составной тип, нужно использовать `SPI_returntuple`.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в `SPI_result` значение `SPI_ERROR_UNCONNECTED`.

Аргументы

`HeapTuple` *`row`*

строка, подлежащая копированию

Возвращаемое значение

скопированная строка либо `NULL` в случае ошибки (`SPI_result` содержит код ошибки)

SPI_returntuple

SPI_returntuple — подготовить строку для возврата в виде Datum

Синтаксис

```
HeapTupleHeader SPI_returntuple(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc)
```

Описание

`SPI_returntuple` делает копию строки в верхнем контексте исполнителя и возвращает её в форме типа `Datum`. Чтобы выдать результат, полученный указатель остаётся только преобразовать в `Datum` функцией `PointerGetDatum`.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в `SPI_result` значение `SPI_ERROR_UNCONNECTED`.

Заметьте, что эту операцию следует применять в функциях, объявленных как возвращающие составные типы. В триггерах она не применяется; чтобы вернуть изменённую строку из триггера, используйте `SPI_copytuple`.

Аргументы

`HeapTuple` *`row`*

строка, подлежащая копированию

`TupleDesc` *`rowdesc`*

дескриптор строки (передавайте каждый раз один дескриптор для более эффективного кеширования)

Возвращаемое значение

`HeapTupleHeader`, указывающий на скопированную строку, или `NULL` в случае ошибки (`SPI_result` содержит код ошибки)

SPI_modifytuple

SPI_modifytuple — создать строку, заменяя отдельные поля в данной

Синтаксис

```
HeapTuple SPI_modifytuple(Relation rel, HeapTuple row, int ncols,
                          int * colnum, Datum * values, const char * nulls)
```

Описание

`SPI_modifytuple` создаёт новую строку, подставляя новые значения для указанных столбцов и копируя исходное содержимое остальных столбцов. Исходная строка не изменяется. Новая строка возвращается в верхнем контексте исполнителя.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в `SPI_result` значение `SPI_ERROR_UNCONNECTED`.

Аргументы

`Relation rel`

Используется только в качестве дескриптора строки. (Передача отношения вместо собственно дескриптора строки — нехорошая особенность.)

`HeapTuple row`

строка, подлежащая изменению

`int ncols`

число изменяемых столбцов

`int * colnum`

массив длины *ncols*, содержащий номера изменяемых столбцов (начиная с 1)

`Datum * values`

массив длины *ncols*, содержащий новые значения указанных столбцов

`const char * nulls`

массив длины *ncols*, описывающий, в каких столбцах передаётся NULL

Если в *nulls* передаётся `NULL`, `SPI_modifytuple` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать `' '`, если значение соответствующего параметра не NULL, либо `'n'`, если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль `'\0'` в конце не нужен.

Возвращаемое значение

новая строка с изменениями, размещённая в верхнем контексте исполнителя, или `NULL` при ошибке (`SPI_result` содержит код ошибки)

В случае ошибки в `SPI_result` устанавливается:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если *rel* — `NULL`, либо *row* — `NULL`, либо *ncols* меньше или равно 0, либо *colnum* — `NULL`, либо *values* — `NULL`

`SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`

если *`colnum`* содержит недопустимый номер столбца (меньше или равен 0, либо больше числа столбцов в строке *`row`*)

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если SPI неактивен

SPI_freetuple

SPI_freetuple — освободить строку, размещённую в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void SPI_freetuple(HeapTuple row)
```

Описание

`SPI_freetuple` освобождает строку, ранее размещённую в верхнем контексте исполнителя.

Эта функция теперь не отличается от простой `heap_freetuple`. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

`HeapTuple` *row*

строка, подлежащая освобождению

SPI_freetuptable

SPI_freetuptable — освободить набор строк, созданный `SPI_execute` или подобной функцией

Синтаксис

```
void SPI_freetuptable(SPITupleTable * tuptable)
```

Описание

`SPI_freetuptable` освобождает набор строк, созданных предыдущей функцией SPI выполнения команд, например `SPI_execute`. Таким образом, при вызове этой функции в качестве аргумента часто передаётся глобальная переменная `SPI_tuptable`.

Эта функция полезна, когда функция на C, использующая SPI, должна выполнить несколько команд, но не хочет сохранять результаты предыдущих команд до завершения. Заметьте, что любые не освобождённые таким образом наборы строк будут всё равно освобождены при выполнении `SPI_finish`. Кроме того, если была запущена подтранзакция, а затем она прервалась в ходе выполнения использующей SPI функции, все наборы строк, созданные в рамках подтранзакции, будут автоматически освобождены.

Начиная с PostgreSQL версии 9.3, `SPI_freetuptable` содержит защитную логику, отфильтровывающую повторные запросы на удаление одного и того же набора строк. В предыдущих версиях повторное удаление могло приводить к сбоям.

Аргументы

`SPITupleTable * tuptable`

указатель на набор строк, который нужно освободить (если NULL, ничего не происходит)

SPI_freeplan

SPI_freeplan — освободить ранее сохранённый подготовленный оператор

Синтаксис

```
int SPI_freeplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_freeplan` освобождает подготовленный оператор, до этого выданный функцией `SPI_prepare` или сохранённый функциями `SPI_keepplan` и `SPI_saveplan`.

Аргументы

`SPIPlanPtr` *`plan`*

указатель на оператор, подлежащий освобождению

Возвращаемое значение

0 в случае успеха; `SPI_ERROR_ARGUMENT`, если *`plan`* неверный или `NULL`

46.4. Управление транзакциями

Выполнять команды управления транзакциями (в частности, `COMMIT` и `ROLLBACK`) через функции SPI, такие как `SPI_execute`, нельзя. Однако имеются отдельные интерфейсные функции, которые предназначены для управления транзакциями через SPI.

Вообще говоря, не всегда безопасно и разумно начинать и заканчивать транзакции в произвольных определяемых пользователями функциях, вызываемых из SQL, не принимая во внимание контекст их вызова. Например, завершение транзакции в середине функции, вызванной в сложном SQL-выражении внутри некоторой SQL-команды, скорее всего приведёт к странным внутренним ошибкам или сбоям. Представленные здесь интерфейсные функции прежде всего предназначены для использования реализациями процедурных языков с целью управления транзакциями в процедурах уровня SQL, вызываемых командой `CALL` (при этом учитывается её контекст). Та же логика может быть реализована в процедурах на C, использующих SPI, но подробное освещение этой темы выходит за рамки данной документации.

SPI_commit

SPI_commit, SPI_commit_and_chain — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
void SPI_commit(void)
```

```
void SPI_commit_and_chain(void)
```

Описание

`SPI_commit` фиксирует текущую транзакцию. Это примерно равносильно выполнению SQL-команды `COMMIT`. После того как транзакция зафиксирована, автоматически начинается новая транзакция с характеристиками по умолчанию, что позволяет сразу продолжить использование функций SPI. Если во время фиксации происходит ошибка, текущая транзакция откатывается, начинается новая, а затем уже выдаётся ошибка.

`SPI_commit_and_chain` делает то же самое, но новая транзакция получает те же характеристики, что завершённая. Эта функция подобна SQL-команде `COMMIT AND CHAIN`.

Эти функции можно выполнить, только если SPI-подключение переведено в неатомарный режим в результате вызова `SPI_connect_ext`.

SPI_rollback

SPI_rollback, SPI_rollback_and_chain — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
void SPI_rollback(void)
```

```
void SPI_rollback_and_chain(void)
```

Описание

`SPI_rollback` откатывает текущую транзакцию. Это примерно равносильно выполнению SQL-команды `ROLLBACK`. После того как транзакция отменена, автоматически начинается новая транзакция с характеристиками по умолчанию, что позволяет сразу продолжить использование функций SPI.

`SPI_rollback_and_chain` делает то же самое, но новая транзакция получает те же характеристики, что завершённая. Эта функция подобна SQL-команде `ROLLBACK AND CHAIN`.

Эти функции можно выполнить, только если SPI-подключение переведено в неатомарный режим в результате вызова `SPI_connect_ext`.

SPI_start_transaction

SPI_start_transaction — устаревшая функция

Синтаксис

```
void SPI_start_transaction(void)
```

Описание

Функция `SPI_start_transaction` не делает ничего, она сохранена только для совместимости с более ранними выпусками PostgreSQL. Ранее её надо было вызывать после `SPI_commit` или `SPI_rollback`, но сейчас эти функции начинают новую транзакцию автоматически.

46.5. Видимость изменений в данных

Видимость изменений в данных, которые производятся функциями, использующими SPI, (или любыми другими функциями на C), описывается следующими правилами:

- В процессе выполнения SQL-команды любые произведённые ей изменения не видны для неё самой. Например, в команде:

  ```
  INSERT INTO a SELECT * FROM a;
  ```

  вставляемые строки не видны в части `SELECT`.
- Изменения, произведённые командой К, видны во всех командах, запущенных после К, независимо от того, были ли эти команды запущены из К (во время выполнения К) или после завершения К.
- Команды, выполняемые через SPI внутри функции, вызванной SQL-командой (будь то обычная функция или триггер), следуют одному или другому из вышеприведённых правил в зависимости флага чтения/записи, переданного SPI. Команды, выполняемые в режиме «только чтение», следует первому правилу: они не видят изменений, произведённых вызывающей командой. Команды, выполняемые в режиме «чтение-запись», следуют второму правилу: они могут видеть все произведённые к этому времени изменения.
- Все стандартные процедурные языки устанавливают режим чтения-записи в SPI в зависимости от атрибута изменчивости функции. Команды функций `STABLE` и `IMMUTABLE` выполняются в режиме «только чтение», тогда как команды функций `VOLATILE` — в режиме «чтение-запись». Хотя авторы функций на C могут нарушить это соглашение, вряд ли это будет хорошей идеей.

В следующем разделе приводится пример, иллюстрирующий применение этих правил.

46.6. Примеры

Этот раздел содержит очень простой пример использования SPI. Функция `execq` принимает в качестве первого аргумента команду SQL, а в качестве второго — число строк, выполняет команду, вызывая `SPI_exec`, и возвращает число строк, обработанных этой командой. Более сложные примеры работы с SPI вы можете найти в `src/test/regress/regress.c` в дереве исходного кода, а также в модуле spi.

```
#include "postgres.h"

#include "executor/spi.h"
#include "utils/builtins.h"

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(execq);

Datum
```

```
execq(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    char *command;
    int cnt;
    int ret;
    uint64 proc;

    /* Преобразовать данный текстовый объект в строку C */
    command = text_to_cstring(PG_GETARG_TEXT_PP(0));
    cnt = PG_GETARG_INT32(1);

    SPI_connect();

    ret = SPI_exec(command, cnt);

    proc = SPI_processed;

    /*
     * Если были выбраны какие-то строки, вывести их через elog(INFO).
     */
    if (ret > 0 && SPI_tuptable != NULL)
    {
        SPITupleTable *tuptable = SPI_tuptable;
        TupleDesc tupdesc = tuptable->tupdesc;
        char buf[8192];
        uint64 j;

        for (j = 0; j < tuptable->numvals; j++)
        {
            HeapTuple tuple = tuptable->vals[j];
            int i;

            for (i = 1, buf[0] = 0; i <= tupdesc->natts; i++)
                snprintf(buf + strlen(buf), sizeof(buf) - strlen(buf), " %s%s",
                        SPI_getvalue(tuple, tupdesc, i),
                        (i == tupdesc->natts) ? " " : " |");
            elog(INFO, "EXECQ: %s", buf);
        }
    }

    SPI_finish();
    pfree(command);

    PG_RETURN_INT64(proc);
}
```

Так эта функция будет объявляться после того, как она будет скомпилирована в разделяемую библиотеку (подробности в Подразделе 37.10.5):

```
CREATE FUNCTION execq(text, integer) RETURNS int8
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C STRICT;
```

Демонстрация использования:

```
=> SELECT execq('CREATE TABLE a (x integer)', 0);
 execq
-------
     0
(1 row)
```

```
=> INSERT INTO a VALUES (execq('INSERT INTO a VALUES (0)', 0));
INSERT 0 1
=> SELECT execq('SELECT * FROM a', 0);
INFO:  EXECQ:  0    -- вставлено функцией execq
INFO:  EXECQ:  1    -- возвращено функцией execq и вставлено командой INSERT

 execq
-------
     2
(1 row)

=> SELECT execq('INSERT INTO a SELECT x + 2 FROM a RETURNING *', 1);
INFO:  EXECQ:  2    -- 0 + 2, затем выполнение было остановлено при достижении числа
 строк
 execq
-------
     1
(1 row)

=> SELECT execq('SELECT * FROM a', 10);
INFO:  EXECQ:  0
INFO:  EXECQ:  1
INFO:  EXECQ:  2

 execq
-------
     3              -- 10 — только максимальное значение, 3 — реальное число строк
(1 row)

=> SELECT execq('INSERT INTO a SELECT x + 10 FROM a', 1);
 execq
-------
     3              -- обработаны все строки; обработка не прекращается при достижении
 числа строк, потому что ничего не возвращается
(1 row)

=> SELECT * FROM a;
 x
----
  0
  1
  2
 10
 11
 12
(6 rows)

=> DELETE FROM a;
DELETE 3
=> INSERT INTO a VALUES (execq('SELECT * FROM a', 0) + 1);
INSERT 0 1
=> SELECT * FROM a;
 x
---
 1                  -- 0 (нет строк в a) + 1
(1 row)
```

```
=> INSERT INTO a VALUES (execq('SELECT * FROM a', 0) + 1);
INFO:  EXECQ:  1
INSERT 0 1
=> SELECT * FROM a;
 x
---
 1
 2                    -- 1 (была одна строка в a) + 1
(2 rows)

-- Этот пример демонстрирует правило видимости изменений в данных.
-- execq вызывается дважды и каждый раз видит разное количество строк:

=> INSERT INTO a SELECT execq('SELECT * FROM a', 0) * x FROM a;
INFO:  EXECQ:  1     -- результаты первого вызова execq
INFO:  EXECQ:  2
INFO:  EXECQ:  1     -- результаты второго вызова execq
INFO:  EXECQ:  2
INFO:  EXECQ:  2
INSERT 0 2
=> SELECT * FROM a;
 x
---
 1
 2
 2                    -- 2 строки * 1 (x в первой в строке)
 6                    -- 3 строки (2 + 1 только вставленная) * 2 (x во второй строке)
(4 rows)
```

Глава 47. Фоновые рабочие процессы

PostgreSQL поддерживает расширенную возможность запускать пользовательский код в отдельных процессах. Такие процессы запускаются, останавливаются и контролируются главным процессом `postgres`, который позволяет тесно связать их жизненный цикл с состоянием сервера. Эти процессы могут получать доступ к области разделяемой памяти PostgreSQL и устанавливать внутренние подключения к базам данных; они также могут последовательно запускать транзакции, как и обычные серверные процессы, обслуживающие клиентов. Кроме того, используя libpq, они могут подключаться к серверу и работать как обычные клиентские приложения.

> **Предупреждение**
>
> С использованием фоновых рабочих процессов сопряжены угрозы стабильности и безопасности, так как они реализуются на языке `C`, и значит имеют неограниченный доступ к данным. Администраторы, желающие использовать модули, в которых задействованы фоновые рабочие процессы, должны быть крайне осторожными. Запускать рабочие процессы можно разрешать только модулям, прошедшим всесторонний аудит.

Рабочие процессы могут инициализироваться во время запуска PostgreSQL, если имя соответствующего модуля добавлено в `shared_preload_libraries`. Модуль, желающий запустить рабочий процесс, может зарегистрировать его, вызвав `RegisterBackgroundWorker(BackgroundWorker *worker)` из своей функции `_PG_init()`. Рабочие процессы также могут быть запущены после запуска системы с помощью функции `RegisterDynamicBackgroundWorker(BackgroundWorker *worker, BackgroundWorkerHandle **handle)`. В отличие от `RegisterBackgroundWorker`, которую можно вызывать только из главного управляющего процесса, `RegisterDynamicBackgroundWorker` должна вызываться из обычного обслуживающего процесса или другого рабочего процесса.

Структура `BackgroundWorker` определяется так:

```
typedef void (*bgworker_main_type)(Datum main_arg);
typedef struct BackgroundWorker
{
    char        bgw_name[BGW_MAXLEN];
    char        bgw_type[BGW_MAXLEN];
    int         bgw_flags;
    BgWorkerStartTime bgw_start_time;
    int         bgw_restart_time;   /* время в секундах либо BGW_NEVER_RESTART */
    char        bgw_library_name[BGW_MAXLEN];
    char        bgw_function_name[BGW_MAXLEN];
    Datum       bgw_main_arg;
    char        bgw_extra[BGW_EXTRALEN];
    int         bgw_notify_pid;
} BackgroundWorker;
```

Поля `bgw_name` и `bgw_type` содержат строки, выводимые в отладочных сообщениях, списках процессов и подобных контекстах. Строка `bgw_type` должна быть одинаковой для всех рабочих процессов одного типа, чтобы такие процессы можно было сгруппировать, например, в списке процессов. `bgw_name`, с другой стороны, может содержать дополнительную информацию об определённом процессе. (Обычно строка `bgw_name` содержит тип в некотором виде, но строго это не требуется.)

Поле `bgw_flags` представляет битовую маску, обозначающую запрашиваемые модулем возможности. Допустимые в нём флаги:

`BGWORKER_SHMEM_ACCESS`

Запрашивается доступ к общей памяти. Рабочие процессы без доступа к общей памяти не могут обращаться к общим структурам данных PostgreSQL, в частности, к обычным и лёгким блокировкам, общим буферам, или каким-либо структурам данным, которые рабочий процесс может создавать для собственного пользования.

BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION

Запрашивается возможность устанавливать подключение к базе данных, через которое можно запускать транзакции и запросы. Рабочий процесс, использующий BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION для подключения к базе данных, должен также запросить доступ к разделяемой памяти, установив BGWORKER_SHMEM_ACCESS; в противном случае процесс не запустится.

В bgw_start_time определяется состояние сервера, в котором postgres должен запустить этот процесс; возможные варианты: BgWorkerStart_PostmasterStart (выполнить запуск сразу после того, как postgres завершит инициализацию; процессы, выбирающие такой режим, не могут подключаться к базам данных), BgWorkerStart_ConsistentState (выполнить запуск, когда будет достигнуто согласованное состояние горячего резерва, и когда процессы могут подключаться к базам данных и выполнять запросы на чтение), и BgWorkerStart_RecoveryFinished (выполнить запуск, как только система перейдёт в обычный режим чтения-записи). Заметьте, что два последних варианта различаются только для серверов горячего резерва. Заметьте также, что этот параметр указывает только, когда должны запускаться процессы; при переходе в другое состояние они не будут останавливаться.

bgw_restart_time задаёт паузу (в секундах), которую должен сделать postgres, прежде чем перезапускать процесс в случае его отказа. Это может быть любое положительное значение, либо BGW_NEVER_RESTART, указывающее, что процесс не нужно перезапускать в случае сбоя.

bgw_library_name определяет имя библиотеки, в которой следует искать точку входа для запуска рабочего процесса. Указанная библиотека будет динамически загружена рабочим процессом, а вызываемая функция будет выбрана по имени bgw_function_name. Для функции, загружаемой из кода ядра, в этом поле должно быть «postgres».

bgw_function_name определяет имя функции в динамически загружаемой библиотеке, которая будет точкой входа в новый рабочий процесс.

В bgw_main_arg задаётся аргумент Datum, передаваемый основной функции фонового процесса. Эта функция должна принимать один аргумент типа Datum и возвращать void. В качестве этого аргумента ей и передаётся bgw_main_arg. Кроме того, глобальная переменная MyBgworkerEntry указывает на копию структуры BackgroundWorker, переданной при регистрации; содержимое этой структуры может быть полезно рабочему процессу.

В Windows (и везде, где определяется EXEC_BACKEND) или в динамических рабочих процессах передавать Datum по ссылке небезопасно, возможна только передача по значению. Поэтому если функции требуется аргумент, наиболее безопасно будет передать int32 или другое небольшое значение, содержащее индекс в массиве, размещённом в разделяемой памяти. Если же попытаться передать значение cstring или text, этот указатель нельзя будет использовать в новом рабочем процессе.

Поле bgw_extra может содержать дополнительные данные, передаваемые фоновому рабочему процессу. В отличие от bgw_main_arg, эти данные не передаются в качестве аргумента основной функции рабочего процесса, но могут быть получены через MyBgworkerEntry, как описывалось выше.

В bgw_notify_pid задаётся PID обслуживающего процесса PostgreSQL, которому главный процесс должен посылать сигнал SIGUSR1 при запуске и завершении нового рабочего процесса. Это поле должно содержать 0 для рабочих процессов, регистрируемых при запуске главного процесса, либо когда обслуживающий процесс не желает ждать окончания запуска рабочего процесса. Во всех остальных случаях в нём должно быть значение MyProcPid.

Запущенный процесс может подключиться к базе данных, вызвав BackgroundWorkerInitializeConnection(*char *dbname*, *char *username*, *uint32 flags*) или BackgroundWorkerInitializeConnectionByOid(*Oid dboid*, *Oid useroid*, *uint32 flags*). Через это подключение процесс может выполнять транзакции и запросы, используя интерфейс SPI. Если в dbname передаётся NULL или dboid равен InvalidOid, сеанс не подключается ни к какой конкретной базе данных, но может обращаться к общим каталогам. Если в username передаётся NULL или useroid равен InvalidOid, процесс будет действовать от имени суперпользователя, созданного во время initdb. Значение BGWORKER_BYPASS_ALLOWCONN в поле flags позволяет подключаться к базам, не принимающим подключения пользователей. Рабочий процесс может вызвать только одну из этих двух функций и только один раз. Переключаться между базами данных он не может.

Сигналы изначально блокируются при вызове основной функции рабочего процесса и должны быть разблокированы ей: это позволяет процессу при необходимости настроить собственные обработчики событий. Новый процесс может разблокировать сигналы, вызвав BackgroundWorkerUnblockSignals, и заблокировать их, вызвав BackgroundWorkerBlockSignals.

Если bgw_restart_time для рабочего процесса имеет значение BGW_NEVER_RESTART, либо он завершается с кодом выхода 0, либо если его работа заканчивается вызовом TerminateBackgroundWorker, он автоматически перестаёт контролироваться управляющим процессом при выходе. В противном случае он будет перезапущен через время, заданное в bgw_restart_time, либо немедленно, если управляющему серверу пришлось переинициализировать кластер из-за сбоя обслуживающего процесса. Обслуживающие процессы, которым нужно только приостановить своё выполнение на время, должны переходить в состояние прерываемого ожидания, а не завершаться; для этого используется функция WaitLatch(). При вызове этой функции обязательно установите флаг WL_POSTMASTER_DEATH и проверьте код возврата, чтобы корректно выйти в экстренном случае, когда был завершён сам postgres.

Когда рабочий процесс регистрируется функцией RegisterDynamicBackgroundWorker, обслуживающий процесс, производящий эту регистрацию, может получить информацию о состоянии порождённого процесса. Обслуживающие процессы, желающие сделать это, должны передать адрес BackgroundWorkerHandle * во втором аргументе RegisterDynamicBackgroundWorker. Если рабочий процесс успешно зарегистрирован, по этому адресу будет записан указатель на скрытую структуру, который можно затем передать функции GetBackgroundWorkerPid(*BackgroundWorkerHandle *, pid_t **) или TerminateBackgroundWorker(*BackgroundWorkerHandle **). Вызывая GetBackgroundWorkerPid, можно опрашивать состояние рабочего процесса: значение результата BGWH_NOT_YET_STARTED показывает, что рабочий процесс ещё не запущен управляющим; BGWH_STOPPED показывает, что он был запущен, но сейчас не работает; и BGWH_STARTED показывает, что он работает в данный момент. В последнем случае через второй аргумент также возвращается PID этого процесса. Обрабатывая вызов TerminateBackgroundWorker, управляющий процесс посылает SIGTERM рабочему процессу, если он работает, и перестаёт его контролировать сразу по его завершении.

В некоторых случаях процессу, регистрирующему рабочий процесс, может потребоваться дождаться завершения запуска этого процесса. Это можно реализовать, записав в bgw_notify_pid значение MyProcPid, а затем передав указатель BackgroundWorkerHandle *, полученный во время регистрации, функции WaitForBackgroundWorkerStartup(*BackgroundWorkerHandle *handle, pid_t **). Эта функция заблокирует выполнение, пока управляющий процесс не попытается запустить рабочий процесс, либо пока сам управляющий процесс не завершится. Если рабочий процесс запущен, возвращается значение BGWH_STARTED и по переданному адресу записывается PID. В противном случае возвращается BGWH_STOPPED или BGWH_POSTMASTER_DIED.

Процесс также может ожидать завершения рабочего процесса, вызвав функцию WaitForBackgroundWorkerShutdown(*BackgroundWorkerHandle *handle*) с указателем BackgroundWorkerHandle *, полученным при регистрации. Эта функция заблокирует выполнение, пока не завершится рабочий процесс либо управляющий процесс. При завершении рабочего процесса эта функция возвращает BGWH_STOPPED, а при завершении управляющего — BGWH_POSTMASTER_DIED.

Рабочие процессы могут передавать асинхронные уведомления, вызывая либо команду NOTIFY через SPI (Server Programming Interface, Интерфейс программирования сервера), либо функцию Async_Notify() напрямую. Такие уведомления будут отправлены в момент фиксации транзакции.

Фоновые рабочие процессы не должны регистрироваться командой `LISTEN` для получения асинхронных уведомлений, ввиду отсутствия инфрастуктуры для получения таких уведомлений рабочим процессом.

Рабочий пример, демонстрирующий некоторые полезные приёмы, можно найти в модуле `src/test/modules/worker_spi`.

Максимальное число рабочих процессов, которые можно зарегистрировать, ограничивается значением max_worker_processes.

Глава 48. Логическое декодирование

PostgreSQL обеспечивает инфраструктуру для потоковой передачи изменений, выполняемых через SQL, внешним потребителям. Эта функциональность может быть полезна для самых разных целей, включая аудит и реализацию репликации.

Изменения передаются в потоках, связываемых со слотами логической репликации.

Формат, в котором передаются изменения, определяет используемый модуль вывода. Пример модуля вывода включён в дистрибутив PostgreSQL. Также возможно разработать и другие модули, расширяющие выбор доступных форматов, не затрагивая код ядра самого сервера. Любой модуль вывода получает на вход отдельные строки, создаваемые командой `INSERT`, и новые версии строк, которые создаёт `UPDATE`. Доступность старых версий строк для `UPDATE` и `DELETE` зависит от выбора варианта идентификации реплики (см. описание `REPLICA IDENTITY`).

Изменения могут быть получены либо по протоколу потоковой репликации (см. Раздел 52.4 и Раздел 48.3), либо через функции, вызываемые в SQL (см. Раздел 48.4). Также возможно разработать дополнительные методы для обработки данных, поступающих через слот репликации, не модифицируя код ядра сервера (см. Раздел 48.7).

48.1. Примеры логического декодирования

Следующий пример демонстрирует управление логическим декодированием на уровне SQL.

Прежде чем вы сможете использовать логическое декодирование, вы должны установить в wal_level значение `logical`, а в max_replication_slots значение, не меньшее 1. После этого вы должны подключиться к целевой базе данных (в следующем примере, это `postgres`) как суперпользователь.

```
postgres=# -- Создать слот с именем 'regression_slot', использующий модуль вывода
 'test_decoding'
postgres=# SELECT * FROM pg_create_logical_replication_slot('regression_slot',
 'test_decoding');
    slot_name    |    lsn
-----------------+-----------
 regression_slot | 0/16B1970
(1 row)

postgres=# SELECT slot_name, plugin, slot_type, database, active, restart_lsn,
 confirmed_flush_lsn FROM pg_replication_slots;
    slot_name    |    plugin     | slot_type | database | active | restart_lsn |
 confirmed_flush_lsn
-----------------+---------------+-----------+----------+--------+-------------
+-----------------
 regression_slot | test_decoding | logical   | postgres | f      | 0/16A4408   |
 0/16A4440
(1 row)

postgres=# -- Пока никакие изменения не видны
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
 lsn | xid | data
-----+-----+------
(0 rows)

postgres=# CREATE TABLE data(id serial primary key, data text);
CREATE TABLE

postgres=# -- DDL не реплицируется, поэтому видна только транзакция
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
```

```
    lsn    |  xid  |     data
-----------+-------+--------------
 0/BA2DA58 | 10297 | BEGIN 10297
 0/BA5A5A0 | 10297 | COMMIT 10297
(2 rows)

postgres=# -- Когда изменения прочитаны, они считаются обработанными и уже не выдаются
postgres=# -- в последующем вызове:
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
 lsn | xid | data
-----+-----+------
(0 rows)

postgres=# BEGIN;
postgres=*# INSERT INTO data(data) VALUES('1');
postgres=*# INSERT INTO data(data) VALUES('2');
postgres=*# COMMIT;

postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
    lsn    |  xid  |                          data
-----------+-------+---------------------------------------------------------
 0/BA5A688 | 10298 | BEGIN 10298
 0/BA5A6F0 | 10298 | table public.data: INSERT: id[integer]:1 data[text]:'1'
 0/BA5A7F8 | 10298 | table public.data: INSERT: id[integer]:2 data[text]:'2'
 0/BA5A8A8 | 10298 | COMMIT 10298
(4 rows)

postgres=# INSERT INTO data(data) VALUES('3');

postgres=# -- Также можно заглянуть вперёд в потоке изменений, не считывая эти
 изменения
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL);
    lsn    |  xid  |                          data
-----------+-------+---------------------------------------------------------
 0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
 0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
 0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299
(3 rows)

postgres=# -- Следующий вызов pg_logical_slot_peek_changes() снова возвращает те же
 изменения
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL);
    lsn    |  xid  |                          data
-----------+-------+---------------------------------------------------------
 0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
 0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
 0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299
(3 rows)

postgres=# -- Модулю вывода можно передать параметры, влияющие на форматирование
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL,
 'include-timestamp', 'on');
    lsn    |  xid  |                          data
-----------+-------+---------------------------------------------------------
 0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
 0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
 0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299 (at 2017-05-10 12:07:21.272494-04)
(3 rows)
```

```
postgres=# -- Не забудьте удалить слот, который вам больше не нужен, чтобы он
postgres=# -- не потреблял ресурсы сервера:
postgres=# SELECT pg_drop_replication_slot('regression_slot');
 pg_drop_replication_slot
-----------------------

(1 row)
```

Следующий пример показывает, как можно управлять логическим декодированием средствами протокола потоковой репликации, используя программу pg_recvlogical, включённую в дистрибутив PostgreSQL. Для этого нужно, чтобы конфигурация аутентификации клиентов допускала подключения для репликации (см. Подраздел 26.2.5.1) и чтобы значение `max_wal_senders` было достаточно большим и позволило установить дополнительное подключение.

```
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --create-slot
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --start -f -
Control+Z
$ psql -d postgres -c "INSERT INTO data(data) VALUES('4');"
$ fg
BEGIN 693
table public.data: INSERT: id[integer]:4 data[text]:'4'
COMMIT 693
Control+C
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --drop-slot
```

48.2. Концепции логического декодирования

48.2.1. Логическое декодирование

Логическое декодирование — это процедура извлечения всех постоянных изменений, происходящих в таблицах базы данных, в согласованном и понятном формате, который можно интерпретировать, не имея полного представления о внутреннем состоянии базы данных.

В PostgreSQL логическое декодирование реализуется путём перевода содержимого журнала предзаписи, описывающего изменения на уровне хранения, в специальную форму уровня приложения, например, в поток кортежей или операторов SQL.

48.2.2. Слоты репликации

В контексте логической репликации слот представляет поток изменений, которые могут быть воспроизведены клиентом в том порядке, в каком они происходили на исходном сервере. Через каждый слот передаётся последовательность изменений в одной базе данных.

> **Примечание**
>
> В PostgreSQL также есть слоты потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5), но они используются несколько по-другому.

Слоту репликации назначается идентификатор, уникальный для всех баз данных в кластере PostgreSQL. Слоты сохраняются независимо от подключений, использующих их, и защищены от сбоев сервера.

При обычных условиях через логический слот каждое изменение передаётся только один раз. Текущая позиция в каждом слоте сохраняется только в контрольной точке, так что в случае сбоя слот может вернуться к предыдущему LSN, вследствие чего последние изменения могут быть переданы повторно при перезапуске сервера. За исключение нежелательных эффектов от повторной обработки одного и того же сообщения отвечают клиенты логического декодирования. Клиенты могут запоминать при декодировании, какой последний LSN они уже получали, и пропускать повторяющиеся данные или (при использовании протокола репликации) запрашивать, чтобы декодирование начиналось с этого LSN, а не с позиции, выбираемой сервером. Для этого разработан механизм отслеживания репликации, о котором можно узнать подробнее в описании источников репликации.

Для одной базы данных могут существовать несколько независимых слотов. Каждый слот имеет собственное состояние, что позволяет различным потребителям получать изменения с разных позиций в потоке изменений базы данных. Для большинства приложений каждому потребителю требуется отдельный слот.

Слот логической репликации ничего не знает о состоянии получателя(ей). Возможно даже иметь несколько различных потребителей одного слота в разные моменты времени; они просто будут получать изменения с момента, когда их перестал получать предыдущий потребитель. Но в любой определённый момент получать изменения может только один потребитель.

> **Внимание**
>
> Слоты репликации сохраняются при сбоях сервера и ничего не знают о состоянии их потребителя. Они не дают удалять требуемые ресурсы, даже когда не используются никаким подключением. На это уходит место в хранилище, так как ни сегменты WAL, ни требуемые строки из системных каталогов нельзя будет удалить в результате `VACUUM`, пока они нужны этому слоту репликации. В особых случаях это может привести к отключению базы для предотвращения зацикливания идентификаторов транзакций (см. Подраздел 24.1.5). Поэтому, если слот больше не требуется, его следует ликвидировать.

48.2.3. Модули вывода

Модули вывода переводят данные из внутреннего представления в журнале предзаписи в формат, устраивающий потребителя слота репликации.

48.2.4. Экспортированные снимки

Когда новый слот репликации создаётся через интерфейс потоковой репликации, экспортируется снимок (см. CREATE_REPLICATION_SLOT), который будет показывать ровно то состояние базы данных, изменения после которого будут включаться в поток изменений. Используя его, можно создать новую реплику, воспользовавшись командой `SET TRANSACTION SNAPSHOT`, чтобы получить состояние базы в момент создания слота. После этого данную транзакцию можно использовать для выгрузки состояния базы на момент экспорта снимка, а затем изменять это состояние, применяя содержимое слота, так что никакие изменения не будут потеряны.

Приложения, которым не требуется экспорт снимка, могут подавить его, воспользовавшись указанием `NOEXPORT_SNAPSHOT`.

48.3. Интерфейс протокола потоковой репликации

Команды

- `CREATE_REPLICATION_SLOT` *`имя_слота`* `LOGICAL` *`модуль_вывода`*
- `DROP_REPLICATION_SLOT` *`имя_слота`* [`WAIT`]
- `START_REPLICATION SLOT` *`имя_слота`* `LOGICAL ...`

применяются для создания, удаления и передачи изменений из слота репликации, соответственно. Эти команды доступны только для соединения репликации; их нельзя использовать в обычном SQL. Подробнее они описаны в Разделе 52.4.

Для управления логическим декодированием по соединению потоковой репликации можно применять программу pg_recvlogical. (Внутри неё используются эти команды.)

48.4. Интерфейс логического декодирования на уровне SQL

Подробнее API уровня SQL для взаимодействия с механизмом логическим декодированием описан в Подразделе 9.27.6.

Синхронная репликация (см. Подраздел 26.2.8) поддерживается только для слотов репликации, которые используются через интерфейс потоковой репликации. Интерфейс функций и дополнительные, не системные интерфейсы не поддерживают синхронную репликацию.

48.5. Системные каталоги, связанные с логическим декодированием

Информацию о текущем состоянии слотов репликации и соединений потоковой репликации отображают представления pg_replication_slots и pg_stat_replication, соответственно. Эти представления относятся и к физической, и к логической репликации.

48.6. Модули вывода логического декодирования

Пример модуля вывода можно найти в подкаталоге contrib/test_decoding в дереве исходного кода PostgreSQL.

48.6.1. Функция инициализации

Модуль вывода загружается в результате динамической загрузки разделяемой библиотеки (при этом в качестве имени библиотеки задаётся имя модуля). Для нахождения библиотеки применяется обычный путь поиска библиотек. В этой библиотеке должна быть функция _PG_output_plugin_init, которая показывает, что библиотека на самом деле представляет собой модуль вывода, и устанавливает требуемые обработчики модуля вывода. Этой функции передаётся структура, в которой должны быть заполнены указатели на функции-обработчики отдельных действий.

```
typedef struct OutputPluginCallbacks
{
    LogicalDecodeStartupCB startup_cb;
    LogicalDecodeBeginCB begin_cb;
    LogicalDecodeChangeCB change_cb;
    LogicalDecodeTruncateCB truncate_cb;
    LogicalDecodeCommitCB commit_cb;
    LogicalDecodeMessageCB message_cb;
    LogicalDecodeFilterByOriginCB filter_by_origin_cb;
    LogicalDecodeShutdownCB shutdown_cb;
} OutputPluginCallbacks;

typedef void (*LogicalOutputPluginInit) (struct OutputPluginCallbacks *cb);
```

Обработчики begin_cb, change_cb и commit_cb должны устанавливаться обязательно, а startup_cb, filter_by_origin_cb, truncate_cb и shutdown_cb могут отсутствовать. Если truncate_cb не установлен, но потребуется декодировать операцию TRUNCATE, она будет проигнорирована.

48.6.2. Возможности

Для декодирования, форматирования и вывода изменений модули вывода могут использовать практически всю обычную инфраструктуру сервера, включая вызов функций вывода типов. К отношениям разрешается доступ только на чтение, если только эти отношения были созданы программой initdb в схеме pg_catalog, либо помечены как пользовательские таблицы каталогов командами

```
ALTER TABLE user_catalog_table SET (user_catalog_table = true);
CREATE TABLE another_catalog_table(data text) WITH (user_catalog_table = true);
```

Любые действия, которые требуют присваивания идентификатора транзакции, запрещаются. В частности, к этим действиям относятся операции записи в таблицы, изменения DDL и вызов `pg_current_xact_id()`.

48.6.3. Режимы вывода

Обработчики в модуле вывода могут передавать данные потребителю в практически любых форматах. Для некоторых вариантов использования, например, просмотра изменений через SQL, вывод информации в типах, которые могут содержать произвольные данные (например, `bytea`), может быть неудобоваримым. Если модуль вывода выводит только текстовые данные в кодировке сервера, он может объявить это, установив в `OutputPluginOptions.output_type` значение `OUTPUT_PLUGIN_TEXTUAL_OUTPUT` вместо `OUTPUT_PLUGIN_BINARY_OUTPUT` в обработчике запуска. В этом случае все данные должны быть в кодировке сервера, чтобы их можно было передать в значении типа `text`. Это контролируется в сборках с включёнными проверочными утверждениями.

48.6.4. Обработчики в модуле вывода

Модуль вывода уведомляется о происходящих изменениях через различные обработчики, которые он должен установить.

Параллельные транзакции декодируются в порядке фиксирования, при этом только изменения, относящиеся к определённой транзакции, декодируются между вызовами обработчиков `begin` и `commit`. Транзакции, отменённые явно или неявно, никогда не декодируются. Успешные точки сохранения заворачиваются в транзакцию, содержащую их, в том порядке, в како они выполнялись в этой транзакции.

> **Примечание**
>
> Декодироваться будут только те транзакции, которые уже успешно сброшены на диск. Вследствие этого, `COMMIT` может не декодироваться в следующем сразу за ним вызове `pg_logical_slot_get_changes()`, когда `synchronous_commit` имеет значение `off`.

48.6.4.1. Обработчик запуска

Необязательный обработчик `startup_cb` вызывается, когда слот репликации создаётся или через него запрашивается передача изменений, независимо от того, в каком количестве изменения готовы к передаче.

```
typedef void (*LogicalDecodeStartupCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                        OutputPluginOptions *options,
                                        bool is_init);
```

Параметр `is_init` будет равен true, когда слот репликации создаётся, и false в противном случае. Параметр *`options`* указывает на структуру параметров, которые могут устанавливать модули вывода:

```
typedef struct OutputPluginOptions
{
    OutputPluginOutputType output_type;
    bool        receive_rewrites;
} OutputPluginOptions;
```

В поле `output_type` должно быть значение `OUTPUT_PLUGIN_TEXTUAL_OUTPUT` или `OUTPUT_PLUGIN_BINARY_OUTPUT`. См. также Подраздел 48.6.3. Если поле `receive_rewrites` равно true, модуль вывода также будет вызываться для изменений, связанных с перезаписью кучи при определённых операциях DDL. Эти изменения представляют интерес для модулей, осуществляющих репликацию DDL, но для их обработки может потребоваться особый подход.

Обработчик запуска должен проверить параметры, представленные в ctx->output_plugin_options. Если модулю вывода требуется поддерживать состояние, он может сохранить его в ctx->output_plugin_private.

48.6.4.2. Обработчик выключения

Необязательный обработчик shutdown_cb вызывается, когда ранее активный слот репликации перестаёт использоваться, так что ресурсы, занятые модулем вывода, можно освободить. При этом слот не обязательно удаляется, прекращается только потоковая передача через него.

```
typedef void (*LogicalDecodeShutdownCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx);
```

48.6.4.3. Обработчик начала транзакции

Обязательный обработчик begin_cb вызывается, когда декодируется начало зафиксированной транзакции. Прерванные транзакции и их содержимое никогда не декодируется.

```
typedef void (*LogicalDecodeBeginCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                      ReorderBufferTXN *txn);
```

Параметр *txn* содержит метаинформацию о транзакции, в частности её идентификатор и время её фиксирования.

48.6.4.4. Обработчик завершения транзакции

Обязательный обработчик commit_cb вызывается, когда декодируется фиксирование транзакции. Перед этим обработчиком будет вызываться обработчик change_cb для всех изменённых строк (если строки были изменены).

```
typedef void (*LogicalDecodeCommitCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                       ReorderBufferTXN *txn,
                                       XLogRecPtr commit_lsn);
```

48.6.4.5. Обработчик изменения

Обязательный обработчик change_cb вызывается для каждого отдельного изменения строки в транзакции, производимого командами INSERT, UPDATE или DELETE. Даже если команда изменила несколько строк сразу, этот обработчик будет вызываться для каждой отдельной строки.

```
typedef void (*LogicalDecodeChangeCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                       ReorderBufferTXN *txn,
                                       Relation relation,
                                       ReorderBufferChange *change);
```

Параметры *ctx* и *txn* имеют то же содержимое, что и для обработчиков begin_cb и commit_cb; дополнительный дескриптор отношения *relation* указывает на отношение, к которому принадлежит строка, а структура *change* описывает передаваемое изменение строки.

> **Примечание**
>
> В процессе логического декодирования могут быть обработаны изменения только в таблицах, не являющихся нежурналируемыми (см. описание UNLOGGED) или временными (см. описание TEMPORARY или TEMP).

48.6.4.6. Обработчик опустошения

Обработчик truncate_cb вызывается для команды TRUNCATE.

```
typedef void (*LogicalDecodeTruncateCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                         ReorderBufferTXN *txn,
                                         int nrelations,
                                         Relation relations[],
```

```
                                         ReorderBufferChange *change);
```

Он получает те же параметры, что и `change_cb`. Но так как операции `TRUNCATE` в таблицах, связанных внешними ключами, должны выполняться одновременно, данный обработчик получает на вход не одно отношение, а массив отношений. За подробностями обратитесь к описанию оператора TRUNCATE.

48.6.4.7. Обработчик фильтрации источника

Необязательный обработчик `filter_by_origin_cb` вызывается, чтобы отметить, интересуют ли модуль вывода изменения, воспроизводимые из указанного источника (*origin_id*).

```
typedef bool (*LogicalDecodeFilterByOriginCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                               RepOriginId origin_id);
```

В параметре *ctx* передаётся та же информация, что и для других обработчиков. Чтобы отметить, что изменения, поступающие из переданного узла, не представляют интереса, модуль должен вернуть true, вследствие чего эти изменения будут фильтроваться; в противном случае он должен вернуть false. Другие обработчики для фильтруемых транзакций и изменений вызываться не будут.

Это полезно при реализации каскадной или разнонаправленной репликации. Фильтрация по источнику в таких конфигурациях позволяет предотвратить передачу взад-вперёд одних и тех же изменений. Хотя информацию об источнике можно также извлечь из транзакций и изменений, фильтрация с помощью этого обработчика гораздо более эффективна.

48.6.4.8. Обработчик произвольных сообщений

Необязательный обработчик `message_cb` вызывается при получении сообщения логического декодирования.

```
typedef void (*LogicalDecodeMessageCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                        ReorderBufferTXN *txn,
                                        XLogRecPtr message_lsn,
                                        bool transactional,
                                        const char *prefix,
                                        Size message_size,
                                        const char *message);
```

Параметр *txn* содержит метаинформацию о транзакции, включая время её фиксации и её XID. Заметьте, однако, что в нём может передаваться NULL, когда сообщение нетранзакционное и транзакции, в которой было выдано сообщение, ещё не назначен XID. В параметре *lsn* отмечается позиция сообщения в WAL. Параметр *transactional* показывает, было ли сообщение передано как транзакционное. В параметре *prefix* передаётся некоторый префикс (завершающийся нулём), по которому текущий модуль может выделять интересующие его сообщения. И наконец, параметр *message* содержит само сообщение размером *message_size* байт.

Необходимо дополнительно позаботиться о том, чтобы префикс, определяющий интересующие модуль вывода сообщения, был уникальным. Удачным выбором обычно будет имя расширения или самого модуля вывода.

48.6.5. Функции для формирования вывода

Чтобы действительно вывести данные, модули вывода могут записывать их в буфер `StringInfo` через `ctx->out`, внутри обработчиков `begin_cb`, `commit_cb` или `change_cb`. Прежде чем записывать данные в этот буфер, необходимо вызвать `OutputPluginPrepareWrite(ctx, last_write)`, а завершив запись в буфер, нужно вызвать `OutputPluginWrite(ctx, last_write)`, чтобы собственно произвести запись. Параметр *last_write* указывает, была ли эта определённая операция записи последней в данном обработчике.

Следующий пример показывает, как вывести данные для потребителя модуля вывода:

```
OutputPluginPrepareWrite(ctx, true);
```

```
appendStringInfo(ctx->out, "BEGIN %u", txn->xid);
OutputPluginWrite(ctx, true);
```

48.7. Запись вывода логического декодирования

Архитектура сервера позволяет добавлять другие методы вывода для логического декодирования. За подробностями обратитесь к коду `src/backend/replication/logical/logicalfuncs.c`. По сути, необходимо реализовать три функции: одну для чтения WAL, другую для подготовки к записи и третью для записи вывода (см. Подраздел 48.6.5).

48.8. Поддержка синхронной репликации для логического декодирования

48.8.1. Обзор

Логическое декодирование может использоваться для реализации синхронной репликации с тем же внешним интерфейсом, что и синхронная репликация поверх потоковой репликации. Для этого потоковая передача данных должна происходить через интерфейс потоковой репликации (см. Раздел 48.3). Клиенты такой репликации должны посылать сообщения `Обновление состояния резервного сервера (F)` (см. Раздел 52.4), как и клиенты потоковой репликации.

> **Примечание**
>
> Синхронная реплика, получающая изменения через логическое декодирование, будет работать в рамках одной базы данных. Так как *synchronous_standby_names* в настоящее время, напротив, устанавливается на уровне сервера, это означает, что этот подход не будет работать корректно при использовании нескольких баз данных.

48.8.2. Ограничения

В схеме с логической репликацией возможна взаимоблокировка, если транзакция в исключительном режиме заблокирует таблицы каталога (в том числе пользовательские). Пользовательские таблицы каталога описаны в Подразделе 48.6.2. Это происходит, потому что в процессе логического декодирования транзакций при обращении к таблицам каталога они блокируются. Во избежание этого пользователи должны воздерживаться от исключительной блокировки таблиц каталога (в том числе пользовательских). Вызвать такую блокировку могут следующие обстоятельства:

- Установление явной блокировки (командой `LOCK`) для каталога `pg_class` в транзакции.
- Выполнение `CLUSTER` для каталога `pg_class` в транзакции.
- Выполнение `TRUNCATE` для таблицы каталога (в том числе пользовательской) в транзакции.

Заметьте, что эти команды, способные вызвать взаимоблокировку, могут применяться не только к явно указанным выше таблицам системного каталога, но также и к любым другим таблицам каталога (в том числе пользовательским).

Глава 49. Отслеживание прогресса репликации

Инфраструктура источников репликации введена для упрощения реализации решений логической репликации на основе логического декодирования. Она помогает решить две распространённых проблемы:

- Как надёжно отслеживать прогресс репликации
- Как менять поведение репликации в зависимости от источника строки; например, для предотвращения циклов при двунаправленной репликации

Источники репликации имеют только два свойства: имя и OID. Имя, по которому к источнику следует обращаться из разных систем, задаётся значением типа `text` в произвольной форме. Его следует выбирать так, чтобы конфликты между источниками репликации, созданными различными средствами репликации были маловероятны; например, добавлять в начало обозначение средства репликации. OID используется только для того, чтобы не приходилось хранить длинное имя там, где требуется минимизировать объём. Он не может разделяться между разными системами.

Источник репликации можно создать функцией `pg_replication_origin_create()`; удалить функцией `pg_replication_origin_drop()`; и увидеть в системном каталоге `pg_replication_origin`.

Одной из нетривиальных задач при организации репликации является надёжное отслеживание прогресса воспроизведения. Например, когда применяющий изменения процесс (или весь кластер) умирает, нужно иметь возможность понять, какие данные были переданы успешно. Наивные решения этой проблемы, такие как изменение строки в некоторой таблице для каждой воспроизведённой транзакции, чреваты дополнительной нагрузкой во время выполнения и раздуванием базы данных.

С использованием инфраструктуры источников репликации сеанс может быть помечен как воспроизводящий изменения с удалённого узла (с помощью функции `pg_replication_origin_session_setup()`). В дополнение к этому для каждой транзакции из источника можно задать LSN и время фиксации, вызвав `pg_replication_origin_xact_setup()`. Если сделать всё это, прогресс репликации можно будет отслеживать надёжным образом. Прогресс воспроизведения для всех источников репликации можно увидеть в представлении `pg_replication_origin_status`. Прогресс отдельного источника, например, при возобновлении репликации, можно получить для любого источника, воспользовавшись функцией `pg_replication_origin_progress()`, или для источника, настроенного в текущем сеансе, с помощью `pg_replication_origin_session_progress()`.

В топологиях репликации более сложных, чем простая репликация с одной системы в другую, возможна ещё одна проблема — повторная репликация уже воспроизведённых строк, что может приводить к зацикливанию и снижению эффективности. В качестве механизма выявления и предотвращения повторной репликации так же могут оказаться полезны источники репликации. Если воспользоваться функциями, упомянутыми в предыдущем абзаце, во все поступающие в сеансе транзакции и изменения, передаваемые обработчикам модулей вывода (см. Раздел 48.6), добавляется пометка источника репликации для текущего сеанса. Это позволяет обрабатывать их в модуле вывода по-разному, например, игнорировать все строки, кроме имеющих локальное происхождение. Кроме того, обработчик вызова `filter_by_origin_cb` позволяет отфильтровать поток изменений логического декодирования в зависимости от источника. Фильтрация через этот обработчик не так гибка, как проверка записей внутри модуля вывода, но зато гораздо эффективнее.

Часть VI. Справочное руководство

Статьи этого справочного руководства составлены так, чтобы дать в разумном объёме авторитетную, полную и формальную сводку по соответствующим темам. Дополнительные сведения об использовании PostgreSQL в повествовательной, ознакомительной или показательной форме можно найти в других частях этой книги. Ссылки на них можно найти на страницах этого руководства.

Все эти справочные статьи также публикуются в виде традиционных страниц «man».

Команды SQL

Эта часть документации содержит справочную информацию по командам SQL, поддерживаемым PostgreSQL. Под «SQL» здесь понимается язык вообще; сведения о соответствии стандартам и совместимости всех команд приведены на соответствующих страниц справочника.

ABORT

ABORT — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
ABORT [ WORK | TRANSACTION ] [ AND [ NO ] CHAIN ]
```

Описание

`ABORT` откатывает текущую транзакцию и приводит к отмене всех изменений, внесённых транзакцией. Эта команда ведёт себя так же, как и стандартная SQL-команда ROLLBACK, и существует только по историческим причинам.

Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

`AND CHAIN`

Если добавляется указание `AND CHAIN`, сразу после окончания текущей транзакции начинается новая с такими же характеристиками транзакции (см. SET TRANSACTION). В противном случае новая транзакция не начинается.

Примечания

Чтобы завершить и зафиксировать транзакцию, используйте COMMIT.

При выполнении команды `ABORT` вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

Примеры

Чтобы прервать все операции:

```
ABORT;
```

Совместимость

Эта команда является расширением PostgreSQL и существует по историческим причинам. Ей равнозначна стандартная SQL-команда `ROLLBACK`.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK

ALTER AGGREGATE

ALTER AGGREGATE — изменить определение агрегатной функции

Синтаксис

```
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции ) RENAME TO новое_имя
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции )
                OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции ) SET SCHEMA новая_схема

Здесь сигнатура_агр_функции:

* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
 [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

`ALTER AGGREGATE` изменяет определение агрегатной функции.

Выполнить `ALTER AGGREGATE` может только владелец соответствующей агрегатной функции. Чтобы сменить схему агрегатной функции, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме агрегатной функции. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать агрегатную функцию. Однако суперпользователь может сменить владельца агрегатной функции в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `ALTER AGGREGATE` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации агрегатной функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип входных данных, с которыми работает агрегатная функция. Чтобы сослаться на агрегатную функцию без аргументов, укажите вместо списка аргументов `*`, а чтобы сослаться на сортирующую агрегатную функцию, добавьте `ORDER BY` между указаниями непосредственных и агрегируемых аргументов.

новое_имя

Новое имя агрегатной функции.

новый_владелец

Новый владелец агрегатной функции.

новая_схема

Новая схема агрегатной функции.

Примечания

Если вы хотите сослаться на сортирующую агрегатную функцию, рекомендуется добавить `ORDER BY` между непосредственными и агрегируемыми аргументами так же, как и в CREATE AGGREGATE. Однако команда сработает и без `ORDER BY`, если непосредственные и агрегирующие аргументы перечислены подряд в одном списке. В такой сокращённой форме, если и в списке непосредственных, и в списке агрегирующих аргументов содержится `VARIADIC "any"`, достаточно написать `VARIADIC "any"` только один раз.

Примеры

Переименование агрегатной функции `myavg` для типа `integer` в `my_average`:

```
ALTER AGGREGATE myavg(integer) RENAME TO my_average;
```

Смена владельца агрегатной функции `myavg` для типа `integer` на `joe`:

```
ALTER AGGREGATE myavg(integer) OWNER TO joe;
```

Перемещение сортирующей агрегатной функции `mypercentile` с непосредственным аргументом типа `float8` и агрегируемым аргументом типа `integer` в схему `myschema`:

```
ALTER AGGREGATE mypercentile(float8 ORDER BY integer) SET SCHEMA myschema;
```

Это тоже будет работать:

```
ALTER AGGREGATE mypercentile(float8, integer) SET SCHEMA myschema;
```

Совместимость

Оператор `ALTER AGGREGATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE AGGREGATE, DROP AGGREGATE

ALTER COLLATION

ALTER COLLATION — изменить определение правила сортировки

Синтаксис

```
ALTER COLLATION имя REFRESH VERSION

ALTER COLLATION имя RENAME TO новое_имя
ALTER COLLATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER COLLATION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER COLLATION` изменяет определение правила сортировки.

Выполнить `ALTER COLLATION` может только владелец соответствующего правила сортировки. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме правила сортировки. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать правило сортировки. Однако суперпользователь может сменить владельца правила сортировки в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего правила сортировки (возможно, дополненное схемой).

новое_имя

Новое имя правила сортировки.

новый_владелец

Новый владелец правила сортировки.

новая_схема

Новая схема правила сортировки.

`REFRESH VERSION`

Обновить версию правила сортировки. Подробности в разделе Замечания ниже.

Замечания

Когда применяются правила сортировки, предоставляемые библиотекой ICU, внутренняя версия сортировщика ICU записывается в системный каталог при создании объекта для данного правила. Когда такое правило используется, текущая версия сверяется с записанной и в случае несовпадения выдаётся предупреждение, например такое:

```
WARNING:  collation "xx-x-icu" has version mismatch
DETAIL:  The collation in the database was created using version 1.2.3.4, but the
 operating system provides version 2.3.4.5.
HINT:  Rebuild all objects affected by this collation and run ALTER COLLATION
 pg_catalog."xx-x-icu" REFRESH VERSION, or build PostgreSQL with the right library
 version.
```

Изменения в определениях правил сортировки могут приводить к разрушению индексов и другим проблемам, так как СУБД рассчитывает на то, что хранимые объекты отсортированы в определённом порядке. Вообще этого следует избегать, но это может иметь место в совершенно легальных обстоятельствах, например при обновлении с помощью `pg_upgrade` исполняемых файлов сервера, скомпонованных с более новой версией ICU. Когда возникает такая ситуация, все объекты, зависящие от данного правила сортировки, должны быть перестроены, например, командой `REINDEX`. После этой операции можно обновить версию правила сортировки, выполнив команду `ALTER COLLATION ... REFRESH VERSION`. При этом системный каталог будет обновлён, в него будет записана текущая версия сортировщика, и предупреждение уйдёт. Заметьте, что эта команда собственно не проверяет, были ли все зависимые объекты перестроены корректно.

Когда применяются правила сортировки, предоставляемые библиотекой `libc`, и PostgreSQL собран с библиотекой GNU C, в качестве версии правила сортировки используется версия библиотеки C. Так как определения правил сортировки обычно меняются только с новыми версиями библиотеки, это даёт некоторую, хотя и не абсолютно надёжную, защиту от искажения данных в базе.

В настоящее время версия правила сортировки, установленного для базы по умолчанию, не отслеживается.

Следующий запрос позволяет выбрать все правила сортировки в текущей базе данных, которые требуют обновления, и зависящие от них объекты:

```
SELECT pg_describe_object(refclassid, refobjid, refobjsubid) AS "Collation",
       pg_describe_object(classid, objid, objsubid) AS "Object"
  FROM pg_depend d JOIN pg_collation c
       ON refclassid = 'pg_collation'::regclass AND refobjid = c.oid
  WHERE c.collversion <> pg_collation_actual_version(c.oid)
  ORDER BY 1, 2;
```

Примеры

Переименование правила сортировки `de_DE` в `german`:

```
ALTER COLLATION "de_DE" RENAME TO german;
```

Изменение владельца правила сортировки `en_US` на `joe`:

```
ALTER COLLATION "en_US" OWNER TO joe;
```

Совместимость

Оператор `ALTER COLLATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE COLLATION, DROP COLLATION

ALTER CONVERSION

ALTER CONVERSION — изменить определение перекодировки

Синтаксис

```
ALTER CONVERSION имя RENAME TO новое_имя
ALTER CONVERSION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER CONVERSION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER CONVERSION` изменяет определение перекодировки.

Выполнить `ALTER CONVERSION` может только владелец соответствующей перекодировки. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме перекодировки. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать перекодировку. Однако суперпользователь может сменить владельца перекодировки в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей перекодировки (возможно, дополненное схемой).

новое_имя

Новое имя перекодировки.

новый_владелец

Новый владелец перекодировки.

новая_схема

Новая схема перекодировки.

Примеры

Переименование перекодировки `iso_8859_1_to_utf8` в `latin1_to_unicode`:

```
ALTER CONVERSION iso_8859_1_to_utf8 RENAME TO latin1_to_unicode;
```

Смена владельца перекодировки `iso_8859_1_to_utf8` на `joe`:

```
ALTER CONVERSION iso_8859_1_to_utf8 OWNER TO joe;
```

Совместимость

Оператор `ALTER CONVERSION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE CONVERSION, DROP CONVERSION

ALTER DATABASE

ALTER DATABASE — изменить атрибуты базы данных

Синтаксис

```
ALTER DATABASE имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]

Здесь параметр:

    ALLOW_CONNECTIONS разр_подключения
    CONNECTION LIMIT предел_подключений
    IS_TEMPLATE это_шаблон

ALTER DATABASE имя RENAME TO новое_имя

ALTER DATABASE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }

ALTER DATABASE имя SET TABLESPACE новое_табл_пространство

ALTER DATABASE имя SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
ALTER DATABASE имя SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
ALTER DATABASE имя RESET параметр_конфигурации
ALTER DATABASE имя RESET ALL
```

Описание

`ALTER DATABASE` изменяет атрибуты базы данных.

Первая форма оператора меняет параметры на уровне базы данных. (Подробнее описано ниже.) Изменять эти параметры может только владелец базы данных или суперпользователь.

Вторая форма меняет имя базы данных. Переименовать базу данных может только владелец БД или суперпользователь (не суперпользователю требуется также право `CREATEDB`). Переименовать текущую базу данных нельзя. (Если вам нужно сделать это, сначала подключитесь к другой базе.)

Третья форма меняет владельца базы данных. Чтобы сменить владельца базы, необходимо быть её владельцем и также непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и кроме того, иметь право `CREATEDB`. (Заметьте, что суперпользователи наделяются всеми этими правами автоматически.)

Четвёртая форма меняет табличное пространство по умолчанию для базы данных. Произвести это изменение может только её владелец или суперпользователь; кроме того, необходимо иметь право для создания нового табличного пространства. Эта команда физически переносит все таблицы или индексы из прежнего основного табличного пространства БД в новое. Новое табличное пространство должно быть пустым для этой базы данных и к ней никто не должен быть подключён. Таблицы и индексы, находящиеся не в основном табличном пространстве, при этом не затрагиваются.

Остальные формы меняют значение по умолчанию конфигурационных переменных времени выполнения для базы данных PostgreSQL. Когда устанавливается следующий сеанс работы с указанной базой данных, заданное этой командой значение становится значением по умолчанию. Значения переменных, заданные для базы данных, переопределяют значения, определённые в `postgresql.conf` или полученные через командную строку `postgres`. Менять сеансовые значения переменных для базы данных может только её владелец или суперпользователь. Некоторые параметры изменить таким образом нельзя, а некоторые может изменить только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя базы данных, атрибуты которой изменяются.

разр_подключения

Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных.

предел_подключений

Число разрешённых одновременно подключений к этой базе данных (-1 снимает ограничение).

это_шаблон

Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами `CREATEDB`; в противном случае клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.

новое_имя

Новое имя базы данных.

новый_владелец

Новый владелец базы данных.

новое_табл_пространство

Новое основное табличное пространство базы данных.

Эту форму команды нельзя выполнять внутри блока транзакции.

параметр_конфигурации
значение

Устанавливает сеансовое значение по умолчанию для указанного параметра конфигурации. Если указывается *значение* `DEFAULT` или равнозначный вариант, `RESET`, определение параметра на уровне базы данных удаляется, так что в новых сеансах будет действовать значение по умолчанию, определённое на уровне системы. Для очистки всех значений параметров на уровне базы данных выполните `RESET ALL`. `SET FROM CURRENT` устанавливает значение параметра на уровне базы данных из текущего значения в активном сеансе.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

Примечания

Также возможно связать параметры сеанса не с базой данных, а с определённой ролью; см. ALTER ROLE. В случае конфликта параметры на уровне роли переопределяют параметры на уровне базы данных.

Примеры

Отключение сканирования индекса по умолчанию в базе данных `test`:

```
ALTER DATABASE test SET enable_indexscan TO off;
```

Совместимость

Оператор `ALTER DATABASE` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DATABASE, DROP DATABASE, SET, CREATE TABLESPACE

ALTER DEFAULT PRIVILEGES

ALTER DEFAULT PRIVILEGES — определить права доступа по умолчанию

Синтаксис

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES
    [ FOR { ROLE | USER } целевая_роль [, ...] ]
    [ IN SCHEMA имя_схемы [, ...] ]
    предложение_GRANT_или_REVOKE

Где предложение_GRANT_или_REVOKE может быть следующим:

GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TABLES
    TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SEQUENCES
    TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { FUNCTIONS | ROUTINES }
    TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TYPES
    TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { USAGE | CREATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SCHEMAS
    TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TABLES
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SEQUENCES
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { FUNCTIONS | ROUTINES }
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
```

```
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TYPES
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { USAGE | CREATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SCHEMAS
    FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`ALTER DEFAULT PRIVILEGES` позволяет задавать права, применяемые к объектам, которые будут создаваться в будущем. (Эта команда не затрагивает права, назначенные уже существующим объектам.) В настоящее время можно задавать права только для схем, таблиц (включая представления и сторонние таблицы), последовательностей, функций и типов (включая домены). Применительно к данной команде функциями считаются также агрегатные функции и процедуры. Слова `FUNCTIONS` и `ROUTINES` для неё считаются равнозначными. (`ROUTINES` предпочтительнее в перспективе как стандартный термин, охватывающий и функции, и процедуры. В более ранних выпусках PostgreSQL допускалось только слово `FUNCTIONS`. Задать права по умолчанию для функций и процедур по отдельности нельзя.)

Вы можете изменить права по умолчанию только для объектов, которые будут созданы вами или ролями, членами которых вы являетесь. Права можно задать глобально (т. е. для всех объектов, создаваемых в текущей базе данных) или для определённых схем.

Как объясняется в Разделе 5.7, права по умолчанию для объектов любого типа обычно дают все назначаемые разрешения владельцу объекта, а также могут давать некоторые разрешения роли `PUBLIC`. Однако это поведение можно поменять, изменив права по умолчанию командой `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`.

Заданные на уровне схемы права по умолчанию добавляются к тем, что определены глобально для конкретного типа объекта. Это означает, что вы не можете отозвать права уровня схемы, если они назначены глобально (либо по умолчанию, либо предыдущей командой `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` без указания схемы). Команда `REVOKE` для схемы может быть полезна только для отмены действия предыдущей команды `GRANT` для этой же схемы.

Параметры

целевая_роль

Имя существующей роли, членом которой является текущая роль. Права доступа по умолчанию не наследуются, поэтому для их получения ролям-членам необходимо выполнить команду `SET ROLE`, или для каждой роли-члена должна быть выполнена команда `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`. Если предложение `FOR ROLE` не указано, подразумевается текущая роль.

имя_схемы

Имя существующей схемы. Если указано, права по умолчанию меняются для объектов, которые будут созданы в этой схеме. Если `IN SCHEMA` опущено, меняются глобальные права по умолчанию. Указание `IN SCHEMA` не допускается при установлении прав для схем, так как схемы не могут быть вложенными.

имя_роли

Имя существующей роли, для которой даются или отзываются права. Этот и все другие параметры в *предложении_grant_или_revoke* действуют как описано в GRANT или REVOKE, за исключением того, что они распространяются не на один конкретный объект, а на целый класс объектов.

Примечания

Чтобы узнать текущие назначенные права по умолчанию, воспользуйтесь командой `\ddp` в psql. Как интерпретировать выводимую ей информацию, рассказывается в описании команды `\dp` в Разделе 5.7.

Если вы желаете удалить роль, права по умолчанию для которой были изменены, необходимо явно отменить изменения прав по умолчанию или воспользоваться командой `DROP OWNED BY` для избавления от назначенных для этой роли прав по умолчанию.

Примеры

Наделение всех правом SELECT для всех таблиц (и представлений), которые будут созданы в дальнейшем в схеме `myschema`, и наделение роли `webuser` правом INSERT для этих же таблиц:

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema GRANT SELECT ON TABLES TO PUBLIC;
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema GRANT INSERT ON TABLES TO webuser;
```

Отмена предыдущих изменений с тем, чтобы для таблиц, создаваемых в будущем, были определены только обычные права, без дополнительных:

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema REVOKE SELECT ON TABLES FROM PUBLIC;
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema REVOKE INSERT ON TABLES FROM webuser;
```

Лишение роли public права на выполнение (EXECUTE), которое обычно даётся для функций (для всех функций, которые будут созданы ролью `admin`):

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES FOR ROLE admin REVOKE EXECUTE ON FUNCTIONS FROM PUBLIC;
```

Однако заметьте, что этого же эффекта *нельзя* добиться с помощью команды, ограниченной одной схемой. Эта команда будет действовать, только если ей предшествовала соответствующая команда `GRANT`:

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA public REVOKE EXECUTE ON FUNCTIONS FROM PUBLIC;
```

Это объясняется тем, что на уровне схемы можно только назначить права по умолчанию, которые добавятся к назначенным глобально, но нельзя отозвать последние.

Совместимость

Оператор `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

GRANT, REVOKE

ALTER DOMAIN

ALTER DOMAIN — изменить определение домена

Синтаксис

```
ALTER DOMAIN имя
    { SET DEFAULT выражение | DROP DEFAULT }
ALTER DOMAIN имя
    { SET | DROP } NOT NULL
ALTER DOMAIN имя
    ADD ограничение_домена [ NOT VALID ]
ALTER DOMAIN имя
    DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ] имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]
ALTER DOMAIN имя
     RENAME CONSTRAINT имя_ограничения TO имя_нового_ограничения
ALTER DOMAIN имя
    VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения
ALTER DOMAIN имя
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER DOMAIN имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER DOMAIN имя
    SET SCHEMA новая_схема

Здесь ограничение_домена:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL | CHECK (выражение) }
```

Описание

`ALTER DOMAIN` изменяет определение существующего домена. Эта команда имеет несколько разновидностей:

`SET`/`DROP DEFAULT`

Эти формы задают/убирают значение по умолчанию для домена. Заметьте, что эти значения по умолчанию применяются только при последующих командах `INSERT`; они не меняются в строках с данным доменом, уже добавленных в таблицу.

`SET`/`DROP NOT NULL`

Эти формы определяют, будет ли домен принимать значения NULL или нет. `SET NOT NULL` можно выполнить, только если столбцы с этим доменом ещё не содержат значений NULL.

`ADD` *`ограничение_домена`* `[ NOT VALID ]`

Эта форма добавляет новое ограничение для домена. Когда добавляется новое ограничение домена, все столбцы с этим доменом будут проверены на соответствие этому ограничению. Эти проверки можно подавить, добавив указание `NOT VALID`, а затем активировать позднее с помощью команды `ALTER DOMAIN ... VALIDATE CONSTRAINT`. Вновь вставленные или изменённые строки всегда проверяются по всем ограничениям, даже тем, что отмечены как `NOT VALID`. Указание `NOT VALID` допускается только для ограничений `CHECK`.

`DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]`

Эта форма убирает ограничения домена. Если указано `IF EXISTS` и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

`RENAME CONSTRAINT`

Эта форма меняет название ограничения домена.

`VALIDATE CONSTRAINT`

Эта форма включает проверку ограничения, ранее добавленного как `NOT VALID`, то есть проверяет все значения в столбцах с этим типом домена на соответствие этому ограничению.

`OWNER`

Эта форма меняет владельца домена на заданного пользователя.

`RENAME`

Эта форма меняет название домена.

`SET SCHEMA`

Эта форма меняет схему домена. Все ограничения, связанные с данным доменом, так же переносятся в новую схему.

Выполнить `ALTER DOMAIN` может только владелец соответствующего домена. Чтобы сменить схему домена, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме домена. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать домен. Однако суперпользователь может сменить владельца домена в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего домена (возможно, дополненное схемой), подлежащего изменению.

ограничение_домена

Новое ограничение домена.

имя_ограничения

Имя существующего ограничения, подлежащего удалению или переименованию.

`NOT VALID`

Не проверять существующие сохранённые данные на соответствие ограничению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного ограничения, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении ограничения, если существуют зависящие от него объекты. Это поведение по умолчанию.

новое_имя

Новое имя домена.

имя_нового_ограничения

Новое имя ограничения.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем домена.

новая_схема

Новая схема домена.

Примечания

Хотя команда `ALTER DOMAIN ADD CONSTRAINT` пытается проверить, удовлетворяют ли уже существующие данные новому ограничению, эта проверка не очень надёжна, так как данная команда не «видит» строки таблицы, которые были только что добавлены или изменены, но ещё не зафиксированы. Если есть риск того, что параллельные операции могут вставить неподходящие данные, можно применить следующий подход: создать ограничение с указанием `NOT VALID`, зафиксировать эту команду, подождать окончания всех транзакций, начатых до фиксирования, а затем выполнить `ALTER DOMAIN VALIDATE CONSTRAINT` для проведения контроля данных. В этом случае проверка будет надёжной, так как после фиксирования ограничения оно будет гарантированно действовать на все новые значения типа домена, вносимые последующими транзакциями.

В настоящее время команды `ALTER DOMAIN ADD CONSTRAINT`, `ALTER DOMAIN VALIDATE CONSTRAINT` и `ALTER DOMAIN SET NOT NULL` выдают ошибку, если указанный домен или любой производный от него используется в столбце с типом-контейнером (это может быть составной, диапазонный тип или массив) в какой-либо таблице базы данных. В дальнейшем они будут доработаны, с тем чтобы новое ограничение проверялось и при такой вложенности.

Примеры

Добавление ограничения `NOT NULL` к домену:

```
ALTER DOMAIN zipcode SET NOT NULL;
```

Удаление ограничения `NOT NULL` из домена:

```
ALTER DOMAIN zipcode DROP NOT NULL;
```

Добавление ограничения-проверки к домену:

```
ALTER DOMAIN zipcode ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(VALUE) = 5);
```

Удаление ограничения-проверки из домена:

```
ALTER DOMAIN zipcode DROP CONSTRAINT zipchk;
```

Переименование ограничения-проверки в домене:

```
ALTER DOMAIN zipcode RENAME CONSTRAINT zipchk TO zip_check;
```

Перемещение домена в другую схему:

```
ALTER DOMAIN zipcode SET SCHEMA customers;
```

Совместимость

`ALTER DOMAIN` соответствует стандарту SQL, за исключением подвидов `OWNER`, `RENAME`, `SET SCHEMA` и `VALIDATE CONSTRAINT`, которые являются расширениями PostgreSQL. Предложение `NOT VALID` вариации `ADD CONSTRAINT` также является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DOMAIN, DROP DOMAIN

ALTER EVENT TRIGGER

ALTER EVENT TRIGGER — изменить определение событийного триггера

Синтаксис

```
ALTER EVENT TRIGGER имя DISABLE
ALTER EVENT TRIGGER имя ENABLE [ REPLICA | ALWAYS ]
ALTER EVENT TRIGGER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER EVENT TRIGGER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER EVENT TRIGGER` изменяет свойства существующего событийного триггера.

Для изменения событийного триггера нужно быть суперпользователем.

Параметры

имя

Имя существующего триггера, подлежащего изменению.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем событийного триггера.

новое_имя

Новое имя событийного триггера.

`DISABLE`/`ENABLE [ REPLICA | ALWAYS ]`

Эти формы настраивают срабатывание событийных триггеров. Отключённый триггер сохраняется в системе, но не выполняется, когда происходит его событие срабатывания. См. также session_replication_role.

Совместимость

Оператор `ALTER EVENT TRIGGER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE EVENT TRIGGER, DROP EVENT TRIGGER

ALTER EXTENSION

ALTER EXTENSION — изменить определение расширения

Синтаксис

```
ALTER EXTENSION имя UPDATE [ TO новая_версия ]
ALTER EXTENSION имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER EXTENSION имя ADD элемент_объект
ALTER EXTENSION имя DROP элемент_объект

Здесь элемент_объект:

  ACCESS METHOD имя_объекта |
  AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |
  CAST (исходный_тип AS целевой_тип) |
  COLLATION имя_объекта |
  CONVERSION имя_объекта |
  DOMAIN имя_объекта |
  EVENT TRIGGER имя_объекта |
  FOREIGN DATA WRAPPER имя_объекта |
  FOREIGN TABLE имя_объекта |
  FUNCTION имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  MATERIALIZED VIEW имя_объекта |
  OPERATOR имя_оператора (тип_слева, тип_справа) |
  OPERATOR CLASS имя_объекта USING индексный_метод |
  OPERATOR FAMILY имя_объекта USING индексный_метод |
  [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |
  PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  SCHEMA имя_объекта |
  SEQUENCE имя_объекта |
  SERVER имя_объекта |
  TABLE имя_объекта |
  TEXT SEARCH CONFIGURATION имя_объекта |
  TEXT SEARCH DICTIONARY имя_объекта |
  TEXT SEARCH PARSER имя_объекта |
  TEXT SEARCH TEMPLATE имя_объекта |
  TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка |
  TYPE имя_объекта |
  VIEW имя_объекта

и сигнатура_агр_функции:

* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
 [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

ALTER EXTENSION изменяет определение установленного расширения. Эта команда имеет несколько подвидов:

`UPDATE`

Эта форма обновляет версию расширения. Расширение должно предоставлять подходящий скрипт обновления (или набор скриптов), который может сменить текущую установленную версию на требуемую.

`SET SCHEMA`

Эта форма переносит объекты расширения в другую схему. Чтобы эта команда выполнилась успешно, расширение должно быть *перемещаемым*.

`ADD` *`элемент_объект`*

Эта форма добавляет существующий объект в расширение. В основном это применяется в скриптах обновления расширений. Добавленный объект затем будет считаться частью расширения, и удалить его можно будет, только удалив расширение.

`DROP` *`элемент_объект`*

Эта форма удаляет из расширения включённый в него объект. В основном это применяется в скриптах обновления расширений. Сам объект при этом не уничтожается, а только отделяется от расширения.

Подробнее эти операции описаны в Разделе 37.17.

Чтобы выполнить команду `ALTER EXTENSION`, необходимо быть владельцем данного расширения. Для форм `ADD`/`DROP` требуется также быть владельцем добавляемого/удаляемого объекта.

Параметры

`имя`

Имя установленного расширения.

`новая_версия`

Запрашиваемая новая версия расширения. Её можно записать в виде идентификатора или строкового значения. Если она не указана, `ALTER EXTENSION UPDATE` пытается выполнить обновление до версии, указанной в качестве версии по умолчанию в управляющем файле расширения.

`новая_схема`

Новая схема расширения.

`имя_объекта`
`имя_агрегатной_функции`
`имя_функции`
`имя_оператора`
`имя_процедуры`
`имя_подпрограммы`

Имя объекта, добавляемого или удаляемого из расширения. Имена таблиц, агрегатных функций, доменов, сторонних таблиц, функций, операторов, классов операторов, семейств операторов, процедур, подпрограмм, последовательностей, объектов текстового поиска, типов и представлений можно дополнить именем схемы.

`исходный_тип`

Имя исходного типа данных для приведения.

`целевой_тип`

Имя целевого типа данных для приведения.

режим_аргумента

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Заметьте, что ALTER EXTENSION не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Заметьте, что на самом деле ALTER EXTENSION не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

тип_слева
тип_справа

Тип данных аргументов оператора (возможно, дополненный именем схемы). В случае отсутствия аргумента префиксного или постфиксного оператора укажите вместо типа NONE.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

Примеры

Обновление расширения hstore до версии 2.0:

```
ALTER EXTENSION hstore UPDATE TO '2.0';
```

Смена схемы расширения hstore на utils:

```
ALTER EXTENSION hstore SET SCHEMA utils;
```

Добавление существующей функции в расширение hstore:

```
ALTER EXTENSION hstore ADD FUNCTION populate_record(anyelement, hstore);
```

Совместимость

Оператор ALTER EXTENSION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE EXTENSION, DROP EXTENSION

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER — изменить определение обёртки сторонних данных

Синтаксис

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя
    [ HANDLER функция_обработчик | NO HANDLER ]
    [ VALIDATOR функция_проверки | NO VALIDATOR ]
    [ OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ]) ]
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER FOREIGN DATA WRAPPER` изменяет определение обёртки сторонних данных. Первая форма команды меняет вспомогательные функции или общие параметры обёртки (требуется минимум одно предложение), а вторая — владельца обёртки.

Настраивать обёртки сторонних данных могут только суперпользователи и только суперпользователи могут быть их владельцами.

Параметры

имя

Имя существующей обёртки сторонних данных.

`HANDLER` *функция_обработчик*

Задаёт новое имя функции-обработчика для обёртки сторонних данных.

`NO HANDLER`

Эти ключевые слова указывают, что обёртка сторонних данных теперь не имеет функции-обработчика.

Заметьте, что обращаться к сторонним таблицам, если их обёртка сторонних данных не имеет обработчика, нельзя.

`VALIDATOR` *функция_проверки*

Задаёт новое имя функции проверки для обёртки сторонних данных.

Заметьте, что возможна ситуация, что предыдущие параметры обёртки данных, зависимых серверов, сопоставлений пользователей или сторонних таблиц окажутся неприемлемыми для новой функции проверки. PostgreSQL не проверяет их, поэтому пользователь сам должен убедиться в правильности этих параметров, прежде чем использовать изменённую обёртку данных. Однако параметры, изменяемые в данной команде `ALTER FOREIGN DATA WRAPPER`, будут проверены новой функцией проверки.

`NO VALIDATOR`

Эти ключевые слова указывают, что обёртка сторонних данных теперь не имеет функции проверки.

`OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ]` *параметр* `['`*значение*`'] [, ... ] )`

Эта форма настраивает параметры обёртки сторонних данных. `ADD`, `SET` и `DROP` определяют, какое действие будет выполнено (добавление, установка и удаление, соответственно). Если действие не задано явно, подразумевается ADD. Имена параметров должны быть уникальными, они вместе со значениями проверяются функцией проверки, если она установлена.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем обёртки сторонних данных.

новое_имя

Новое имя обёртки сторонних данных.

Примеры

Изменение параметров обёртки сторонних данных dbi: добавление параметра foo, удаление bar:

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER dbi OPTIONS (ADD foo '1', DROP bar);
```

Установление для обёртки сторонних данных dbi новой функции проверки bob.myvalidator:

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER dbi VALIDATOR bob.myvalidator;
```

Совместимость

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), за исключением предложений HANDLER, VALIDATOR, OWNER TO и RENAME, являющихся расширениями.

См. также

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, DROP FOREIGN DATA WRAPPER

ALTER FOREIGN TABLE

ALTER FOREIGN TABLE — изменить определение сторонней таблицы

Синтаксис

```
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    действие [, ... ]
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя
    SET SCHEMA новая_схема

Где действие может быть следующим:

    ADD [ COLUMN ] имя_столбца тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ]
 [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    DROP [ COLUMN ] [ IF EXISTS ] имя_столбца [ RESTRICT | CASCADE ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца [ SET DATA ] TYPE тип_данных
 [ COLLATE правило_сортировки ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET | DROP } NOT NULL
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение']
 [, ... ])
    ADD ограничение_таблицы [ NOT VALID ]
    VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения
    DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]  имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]
    DISABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
    ENABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
    ENABLE REPLICA TRIGGER имя_триггера
    ENABLE ALWAYS TRIGGER имя_триггера
    SET WITHOUT OIDS
    INHERIT таблица_родитель
    NO INHERIT таблица_родитель
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
    OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ])
```

Описание

`ALTER FOREIGN TABLE` меняет определение существующей сторонней таблицы. Эта команда имеет несколько разновидностей:

`ADD COLUMN`

Эта форма добавляет в стороннюю таблицу новый столбец, следуя тому же синтаксису, что и CREATE FOREIGN TABLE. В отличие от добавления столбца в обычную таблицу, при данной операции в базовом хранилище ничего не меняется; эта команда просто объявляет о доступности нового столбца через данную стороннюю таблицу.

`DROP COLUMN [ IF EXISTS ]`

Эта форма удаляет столбец из сторонней таблицы. Если что-либо зависит от этого столбца, например, представление, для успешного результата потребуется добавить `CASCADE`. Если указано `IF EXISTS` и этот столбец не существует, ошибка не происходит, вместо этого выдаётся замечание.

`SET DATA TYPE`

Эта форма меняет тип столбца сторонней таблицы. И это не влияет на нижележащее хранилище: данная операция просто меняет тип, который по мнению PostgreSQL будет иметь этот столбец.

`SET/DROP DEFAULT`

Эти формы задают или удаляют значение по умолчанию для столбцов. Значения по умолчанию применяются только при последующих командах `INSERT` или `UPDATE`; их изменения не отражаются в строках, уже существующих в таблице.

`SET/DROP NOT NULL`

Устанавливает, будет ли столбец принимать значения NULL или нет.

`SET STATISTICS`

Эта форма задаёт цель сбора статистики по столбцам для последующих операций ANALYZE. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

`SET ( *атрибут* = *значение* [, ... ] )`
`RESET ( *атрибут* [, ... ] )`

Эта форма задаёт или сбрасывает значения атрибутов. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

`SET STORAGE`

Эта форма задаёт режим хранения для столбца. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE. Заметьте, что режим хранения не имеет значения, если обёртка сторонних данных для этой таблицы будет игнорировать его.

`ADD *ограничение_таблицы* [ NOT VALID ]`

Эта форма добавляет новое ограничение в стороннюю таблицу с применением того же синтаксиса, что и CREATE FOREIGN TABLE. В настоящее время поддерживаются только ограничения `CHECK`.

В отличие от ограничения, добавляемого для обычной таблицы, ограничение сторонней таблицы фактически никак не проверяется; эта команда сводится просто к заявлению о том, что все строки в сторонней таблице предположительно удовлетворяют новому условию. (Подробнее это рассматривается в описании CREATE FOREIGN TABLE.) Если ограничение помечено как `NOT VALID` (непроверенное), сервер не будет полагать, что оно выполняется; такая запись делается только на случай использования в будущем.

`VALIDATE CONSTRAINT`

Эта форма отмечает ограничение, которая ранее было помечено `NOT VALID`, как проверенное. Собственно для проверки этого ограничения ничего не делается, но последующие запросы будут полагать, что оно действует.

`DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]`

Эта форма удаляет указанное ограничение сторонней таблицы. Если указано `IF EXISTS` и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

`DISABLE/ENABLE [ REPLICA | ALWAYS ] TRIGGER`

Эти формы управляют триггерами, принадлежащими сторонней таблице. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

`SET WITHOUT OIDS`

Синтаксис обратной совместимости для удаления системного столбца `oid`. Так как добавить системные столбцы `oid` теперь невозможно, это указание фактически не действует.

`INHERIT` *`таблица_родитель`*

Эта форма делает целевую стороннюю таблицу потомком указанной родительской таблицы. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

`NO INHERIT` *`таблица_родитель`*

Эта форма удаляет целевую стороннюю таблицу из списка потомков указанной родительской таблицы.

`OWNER`

Эта форма меняет владельца сторонней таблицы на заданного пользователя.

`OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ]` *`параметр`* `['`*`значение`*`'] [, ... ] )`

Эта форма настраивает параметры сторонней таблицы или одного из её столбцов. `ADD`, `SET` и `DROP` определяют, какое действие будет выполнено (добавление, установка и удаление, соответственно). Если действие не задано явно, подразумевается `ADD`. Имена параметров не должны повторяться (хотя параметр таблицы и параметр столбца вполне могут иметь одно имя). Имена и значения параметров также проверяются библиотекой обёртки сторонних данных.

`RENAME`

Формы `RENAME` меняют имя сторонней таблицы или имя столбца в сторонней таблице.

`SET SCHEMA`

Эта форма переносит стороннюю таблицу в другую схему.

Все действия, кроме `RENAME` и `SET SCHEMA`, можно объединить в один список изменений и выполнить одновременно. Например, можно добавить несколько столбцов и/или изменить тип столбцов одной командой.

Если команда записана в виде `ALTER FOREIGN TABLE IF EXISTS ...` и сторонняя таблица не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

Выполнить `ALTER FOREIGN TABLE` может только владелец соответствующей таблицы. Чтобы сменить схему сторонней таблицы, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме таблицы. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать таблицу. Однако суперпользователь может сменить владельца таблицы в любом случае.) Чтобы добавить столбец или изменить тип столбца, ещё требуется иметь право `USAGE` для его типа данных.

Параметры

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей сторонней таблицы, подлежащей изменению. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, изменяется только заданная таблица. Без `ONLY` изменяется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что изменению подлежат все дочерние таблицы.

имя_столбца

Имя нового или существующего столбца.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

новое_имя

Новое имя таблицы.

тип_данных

Тип данных нового столбца или новый тип данных существующего столбца.

ограничение_таблицы

Новое ограничение уровня таблицы для сторонней таблицы.

имя_ограничения

Имя существующего ограничения, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от удаляемого столбца или ограничения (например, представления, содержащие этот столбец), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении столбца или ограничения, если существуют зависящие от них объекты. Это поведение по умолчанию.

имя_триггера

Имя включаемого или отключаемого триггера.

`ALL`

Отключает или включает все триггеры, принадлежащие сторонней таблице. (Если какие-либо из триггеров являются внутрисистемными, для этого требуются права суперпользователя. Сама система не добавляет такие триггеры в сторонние таблицы, но дополнительный код может сделать это.)

`USER`

Отключает или включает все триггеры, принадлежащие сторонней таблице, кроме сгенерированных внутрисистемных.

таблица_родитель

Родительская таблица, с которой будет установлена или разорвана связь данной сторонней таблицы.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем таблицы.

новая_схема

Имя схемы, в которую будет перемещена таблица.

Примечания

Ключевое слово `COLUMN` не несёт смысловой нагрузки и может быть опущено.

При добавлении или удалении столбцов (`ADD COLUMN`/`DROP COLUMN`), добавлении ограничений `NOT NULL` или `CHECK` или изменении типа данных (`SET DATA TYPE`) согласованность этих определений с внешним сервером не гарантируется. Ответственность за соответствие определений таблицы удалённой стороне лежит на пользователе.

За более полным описанием параметров обратитесь к CREATE FOREIGN TABLE.

Примеры

Установление ограничения NOT NULL для столбца:

```
ALTER FOREIGN TABLE distributors ALTER COLUMN street SET NOT NULL;
```

Изменение параметров сторонней таблицы:

```
ALTER FOREIGN TABLE myschema.distributors OPTIONS (ADD opt1 'value', SET opt2 'value2',
 DROP opt3);
```

Совместимость

Формы `ADD`, `DROP` и `SET DATA TYPE` соответствуют стандарту SQL. Другие формы являются собственными расширениями PostgreSQL. Кроме того, возможность указать в одной команде `ALTER FOREIGN TABLE` несколько операций так же является расширением.

`ALTER FOREIGN TABLE DROP COLUMN` позволяет удалить единственный столбец сторонней таблицы и оставить таблицу без столбцов. Это является расширением стандарта SQL, который не допускает существование сторонних таблиц с нулём столбцов.

См. также

CREATE FOREIGN TABLE, DROP FOREIGN TABLE

ALTER FUNCTION

ALTER FUNCTION — изменить определение функции

Синтаксис

```
ALTER FUNCTION имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER FUNCTION имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER FUNCTION имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER FUNCTION имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER FUNCTION имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения

Где действие может быть следующим:

    CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
    IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE
    [ NOT ] LEAKPROOF
    [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
    COST стоимость_выполнения
    ROWS строк_в_результате
    SUPPORT вспомогательная_функция
    SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
    SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
    RESET параметр_конфигурации
    RESET ALL
```

Описание

`ALTER FUNCTION` изменяет определение функции.

Выполнить `ALTER FUNCTION` может только владелец соответствующей функции. Чтобы сменить схему функции, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме функции. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать функцию. Однако суперпользователь может сменить владельца функции в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей функции (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, это имя должно быть уникальным в схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN`, `OUT`, `INOUT` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`. Заметьте, что `ALTER FUNCTION` не учитывает аргументы `OUT`, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы `IN`, `INOUT` и `VARIADIC`.

`имя_аргумента`

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `ALTER FUNCTION` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

`тип_аргумента`

Тип данных аргументов функции (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

`новое_имя`

Новое имя функции.

`новый_владелец`

Новый владелец функции. Заметьте, что если функция помечена как `SECURITY DEFINER`, в дальнейшем она будет выполняться от имени нового владельца.

`новая_схема`

Новая схема функции.

`DEPENDS ON EXTENSION` *`имя_расширения`*
`NO DEPENDS ON EXTENSION` *`имя_расширения`*

Эта форма делает функцию зависимой от расширения или, наоборот, удаляет эту зависимость, если указывается `NO`. Функция, помеченная как зависимая от расширения, удаляется при удалении расширения даже без указания `CASCADE`. Если функция зависит от нескольких расширений, она удаляется при удалении любого из этих расширений.

`CALLED ON NULL INPUT`
`RETURNS NULL ON NULL INPUT`
`STRICT`

`CALLED ON NULL INPUT` меняет функцию так, чтобы она вызывалась, когда некоторые или все её аргументы равны NULL. `RETURNS NULL ON NULL INPUT` или `STRICT` меняет функцию так, чтобы она не вызывалась, когда некоторые или все её аргументы равны NULL, а вместо вызова автоматически выдавался результат NULL. За подробностями обратитесь к CREATE FUNCTION.

`IMMUTABLE`
`STABLE`
`VOLATILE`

Устанавливает заданный вариант изменчивости функции. Подробнее это описано в CREATE FUNCTION.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`
`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Устанавливает, является ли функция определяющей контекст безопасности. Ключевое слово `EXTERNAL` игнорируется для соответствия стандарту SQL. Подробнее это свойство описано в CREATE FUNCTION.

`PARALLEL`

Устанавливает, будет ли функция считаться безопасной для распараллеливания. Подробнее это описано в CREATE FUNCTION.

LEAKPROOF

Устанавливает, является ли функция герметичной. Подробнее это свойство описано в CREATE FUNCTION.

COST *стоимость_выполнения*

Изменяет ориентировочную стоимость выполнения функции. Подробнее это описывается в CREATE FUNCTION.

ROWS *строк_в_результате*

Изменяет ориентировочное число строк в результате функции, возвращающей множество. Подробнее это описывается в CREATE FUNCTION.

SUPPORT *вспомогательная_функция*

Задаёт или меняет вспомогательную функцию для планировщика, которая будет использоваться с этой функцией. За подробностями обратитесь к Разделу 37.11. Для использования этого указания нужно быть суперпользователем.

Имя новой вспомогательной функции является обязательным, поэтому данное указание не позволяет полностью отказаться от использования вспомогательной функции. Если вам требуется это, воспользуйтесь командой CREATE OR REPLACE FUNCTION.

параметр_конфигурации
значение

Добавляет или изменяет установку параметра конфигурации, выполняемую при вызове функции. Если задано *значение* DEFAULT или, что равнозначно, выполняется действие RESET, локальное переопределение для функции удаляется и функция выполняется со значением, установленным в окружении. Для удаления всех установок параметров для данной функции укажите RESET ALL. SET FROM CURRENT устанавливает для последующих вызовов функции значение параметра, действующее в момент выполнения ALTER PROCEDURE.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

RESTRICT

Игнорируется для соответствия стандарту SQL.

Примеры

Переименование функции sqrt для типа integer в square_root:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) RENAME TO square_root;
```

Смена владельца функции sqrt для типа integer на joe:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) OWNER TO joe;
```

Смена схемы функции sqrt для типа integer на maths:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) SET SCHEMA maths;
```

Обозначение функции sqrt для типа integer как зависимой от расширения mathlib:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) DEPENDS ON EXTENSION mathlib;
```

Изменение пути поиска, который устанавливается автоматически для функции:

```
ALTER FUNCTION check_password(text) SET search_path = admin, pg_temp;
```

Отмена автоматического определения search_path для функции:

```
ALTER FUNCTION check_password(text) RESET search_path;
```

Теперь функция будет выполняться с тем путём, который задан в момент вызова.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором `ALTER FUNCTION` в стандарте SQL. Стандарт позволяет менять больше свойств функции, но не позволяет переименовывать функции, переключать контекст безопасности, связывать с функциями значения параметров конфигурации, а также менять владельца, схему и тип изменчивости функции. Также в стандарте слово `RESTRICT` считается обязательным, тогда как в PostgreSQL оно не требуется.

См. также

CREATE FUNCTION, DROP FUNCTION, ALTER PROCEDURE, ALTER ROUTINE

ALTER GROUP

ALTER GROUP — изменить имя роли или членство

Синтаксис

```
ALTER GROUP указание_роли ADD USER имя_пользователя [, ... ]
ALTER GROUP указание_роли DROP USER имя_пользователя [, ... ]

Здесь указание_роли:

    имя_роли
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER

ALTER GROUP имя_группы RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER GROUP` изменяет атрибуты группы пользователей. Эта команда считается устаревшей, хотя и поддерживается для обратной совместимости, так как группы (и пользователи) были заменены более общей концепцией ролей.

Первые две формы добавляют пользователей в группу или удаляют их из группы. (В данном случае в качестве «пользователя» или «группы» может фигурировать любая роль.) По сути они равнозначны командам разрешающим/запрещающим членство в роли «группа»; поэтому вместо них рекомендуется использовать GRANT и REVOKE.

Третья форма меняет имя группы. Она в точности равнозначна команде ALTER ROLE, выполняющей переименование роли.

Параметры

имя_группы

Имя изменяемой группы (роли).

имя_пользователя

Пользователи (роли), добавляемые или исключаемые из группы. Эти пользователи должны уже существовать; `ALTER GROUP` не создаёт и не удаляет пользователей.

новое_имя

Новое имя группы.

Примеры

Добавление пользователей в группу:

```
ALTER GROUP staff ADD USER karl, john;
```

Удаление пользователей из группы:

```
ALTER GROUP workers DROP USER beth;
```

Совместимость

Оператор `ALTER GROUP` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

GRANT, REVOKE, ALTER ROLE

ALTER INDEX

ALTER INDEX — изменить определение индекса

Синтаксис

```
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя SET TABLESPACE табл_пространство
ALTER INDEX имя ATTACH PARTITION имя_индекса
ALTER INDEX имя [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя SET ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] номер_столбца
    SET STATISTICS integer
ALTER INDEX ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
```

Описание

`ALTER INDEX` меняет определение существующего индекса. Несколько её разновидностей описаны ниже. Заметьте, что для разных разновидностей могут требоваться разные уровни блокировок. Если явно не отмечено другое, требуется блокировка `ACCESS EXCLUSIVE`. При перечислении нескольких подкоманд будет запрашиваться самая сильная блокировка из требуемых ими.

`RENAME`

Форма `RENAME` меняет имя индекса. Если этот индекс связан с ограничением таблицы (`UNIQUE`, `PRIMARY KEY` или `EXCLUDE`), это ограничение тоже переименовывается. На сохранённые данные это не влияет.

Для переименования индекса требуется блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

`SET TABLESPACE`

Эта форма меняет табличное пространство индекса на заданное и переносит в него файл(ы) данных, связанные с индексом. Для изменения табличного пространства индекса нужно быть владельцем индекса и иметь право `CREATE` в новом табличном пространстве. Форма `ALL IN TABLESPACE` позволяет перенести из заданного пространства все индексы в текущей базе данных, блокируя их для перемещения и затем перемещая каждый индекс. Эта форма также поддерживает указание `OWNED BY`, с которым будут перемещены только индексы, принадлежащие заданным ролям. Если указан параметр `NOWAIT`, команда завершится ошибкой, если не сможет немедленно получить все требуемые блокировки. Заметьте, что эта команда не переместит системные каталоги; вместо неё следует использовать `ALTER DATABASE` или явные вызовы `ALTER INDEX`. См. также CREATE TABLESPACE.

`ATTACH PARTITION` *`имя_индекса`*

Эта форма присоединяет указанный индекс (возможно, дополненный схемой) к изменяемому. Указанный индекс должен относиться к секции таблицы, содержащей изменяемый индекс, и иметь такое же определение. Присоединённый индекс не может быть удалён независимо, но будет удалён автоматически при удалении родительского индекса.

`DEPENDS ON EXTENSION` *`имя_расширения`*
`NO DEPENDS ON EXTENSION` *`имя_расширения`*

Эта форма делает индекс зависимым от расширения или, наоборот, удаляет эту зависимость, если указывается `NO`. Индекс, помеченный как зависимый от расширения, автоматически удаляется при удалении расширения.

`SET ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )`

Эта форма настраивает один или несколько специфичных для индекса параметров хранения. Список доступных параметров приведён в CREATE INDEX. Заметьте, что эта команда не меняет содержимое индекса немедленно; для получения желаемого эффекта в зависимости от параметров может потребоваться перестроить индекс командой REINDEX.

`RESET ( параметр_хранения [, ... ] )`

Эта форма сбрасывает один или несколько специфичных для индекса параметров хранения к значениям по умолчанию. Как и с `SET`, для полного обновления индекса может потребоваться выполнить `REINDEX`.

`ALTER [ COLUMN ] номер_столбца SET STATISTICS integer`

Эта форма задаёт ориентир сбора статистики по столбцу для последующих операций ANALYZE, хотя её можно использовать только для индексируемых столбцов, заданных в виде выражений. Так как у выражений нет уникальных имён, мы обращаемся к ним по порядковым номерам столбцов в индексе. Диапазон допустимых значений ориентира: 0..10000; при -1 применяется системное значение по умолчанию (default_statistics_target). За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если индекс не существует. В этом случае будет выдано замечание.

номер_столбца

Число, указывающее на номер столбца в индексе по порядку (слева направо).

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего индекса, подлежащего изменению.

новое_имя

Новое имя индекса.

табл_пространство

Табличное пространство, в которое будет перемещён индекс.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть индекс.

параметр_хранения

Имя специфичного для индекса параметра хранения.

значение

Новое значение специфичного для индекса параметра хранения. Это может быть число или строка, в зависимости от параметра.

Примечания

Эти операции также возможно выполнить с помощью ALTER TABLE. На самом деле `ALTER INDEX` — это просто синоним нескольких форм `ALTER TABLE`, работающих с индексами.

Ранее существовала форма `ALTER INDEX OWNER`, но сейчас она игнорируется (с предупреждением). Владельцем индекса может быть только владелец соответствующей таблицы. При смене владельца таблицы владелец индекса меняется автоматически.

Какие-либо изменения индексов системного каталога не допускаются.

Примеры

Переименование существующего индекса:

```
ALTER INDEX distributors RENAME TO suppliers;
```

Перемещение индекса в другое табличное пространство:

```
ALTER INDEX distributors SET TABLESPACE fasttablespace;
```

Изменение фактора заполнения индекса (предполагается, что это поддерживает метод индекса):

```
ALTER INDEX distributors SET (fillfactor = 75);
REINDEX INDEX distributors;
```

Устанавливает ориентир сбора статистики для индекса по выражению:

```
CREATE INDEX coord_idx ON measured (x, y, (z + t));
ALTER INDEX coord_idx ALTER COLUMN 3 SET STATISTICS 1000;
```

Совместимость

`ALTER INDEX` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE INDEX, REINDEX

ALTER LANGUAGE

ALTER LANGUAGE — изменить определение процедурного языка

Синтаксис

```
ALTER [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя RENAME TO новое_имя
ALTER [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
```

Описание

`ALTER LANGUAGE` изменяет определение процедурного языка. Единственное, что может это команда — переименовать язык или назначить нового владельца. Выполнить `ALTER LANGUAGE` может только суперпользователь или владелец языка.

Параметры

имя

Имя языка

новое_имя

Новое имя языка

новый_владелец

Новый владелец языка

Совместимость

Оператор `ALTER LANGUAGE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE LANGUAGE, DROP LANGUAGE

ALTER LARGE OBJECT

ALTER LARGE OBJECT — изменить определение большого объекта

Синтаксис

```
ALTER LARGE OBJECT oid_большого_объекта OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
```

Описание

`ALTER LARGE OBJECT` изменяет определение большого объекта.

Выполнить `ALTER LARGE OBJECT` может только владелец большого объекта. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца. (Однако суперпользователь может изменять свойства больших объектов в любом случае.) В настоящее время единственное возможное изменение заключается в назначении нового владельца, так что всегда действуют оба ограничения.

Параметры

oid_большого_объекта

OID изменяемого большого объекта

новый_владелец

Новый владелец большого объекта

Совместимость

Оператор `ALTER LARGE OBJECT` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

Глава 34

ALTER MATERIALIZED VIEW

ALTER MATERIALIZED VIEW — изменить определение материализованного представления

Синтаксис

```
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    действие [, ... ]
ALTER MATERIALIZED VIEW имя
    [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER MATERIALIZED VIEW ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]

Где действие может быть следующим:

    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }
    CLUSTER ON имя_индекса
    SET WITHOUT CLUSTER
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство
    SET ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )
    RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

`ALTER MATERIALIZED VIEW` изменяет различные расширенные свойства существующего материализованного представления.

Выполнить `ALTER MATERIALIZED VIEW` может только владелец материализованного представления. Чтобы сменить схему материализованного представления, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме материализованного представления. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать материализованное представление. Однако суперпользователь может сменить владельца материализованного представления в любом случае.)

Подвиды и действия оператора `ALTER MATERIALIZED VIEW` являются подмножеством тех, что относятся к команде `ALTER TABLE`, и имеют то же значение применительно к материализованным представлениям. За подробностями обратитесь к описанию ALTER TABLE.

Параметры

имя

Имя существующего материализованного представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя существующего столбца.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть материализованное представление (или не будет, если указано `NO`). Материализованное представление, помеченное как зависимое от расширения, автоматически удаляется при удалении расширения.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем материализованного представления.

новое_имя

Новое имя материализованного представления.

новая_схема

Новая схема материализованного представления.

Примеры

Переименование материализованного представления `foo` в `bar`:

```
ALTER MATERIALIZED VIEW foo RENAME TO bar;
```

Совместимость

`ALTER MATERIALIZED VIEW` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, DROP MATERIALIZED VIEW, REFRESH MATERIALIZED VIEW

ALTER OPERATOR

ALTER OPERATOR — изменить определение оператора

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }

ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )
    SET SCHEMA новая_схема

ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )
    SET ( {  RESTRICT = { процедура_ограничения | NONE }
           | JOIN = { процедура_соединения | NONE }
         } [, ... ] )
```

Описание

`ALTER OPERATOR` изменяет определение оператора.

Выполнить `ALTER OPERATOR` может только владелец соответствующего оператора. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме оператора. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать оператор. Однако суперпользователь может сменить владельца оператора в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего оператора (возможно, дополненное схемой).

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора; если у оператора нет левого операнда, укажите `NONE`.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора; если у оператора нет правого операнда, укажите `NONE`.

новый_владелец

Новый владелец оператора.

новая_схема

Новая схема оператора.

процедура_ограничения

Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора; значение NONE удаляет существующую функцию оценки.

процедура_соединения

Функция оценки избирательности соединения для этого оператора; значение NONE удаляет существующую функцию оценки.

Примеры

Смена владельца нестандартного оператора `a @@ b` для типа `text`:

```
ALTER OPERATOR @@ (text, text) OWNER TO joe;
```

Смена функций оценки избирательности ограничения и соединения для нестандартного оператора `a && b` для типа `int[]`:

```
ALTER OPERATOR && (_int4, _int4) SET (RESTRICT = _int_contsel, JOIN =
 _int_contjoinsel);
```

Совместимость

Команда `ALTER OPERATOR` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR, DROP OPERATOR

ALTER OPERATOR CLASS

ALTER OPERATOR CLASS — изменить определение класса операторов

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR CLASS имя USING индексный_метод
    RENAME TO новое_имя

ALTER OPERATOR CLASS имя USING индексный_метод
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }

ALTER OPERATOR CLASS имя USING индексный_метод
    SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER OPERATOR CLASS` изменяет определение класса операторов.

Выполнить `ALTER OPERATOR CLASS` может только владелец соответствующего класса операторов. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме класса операторов. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать класс операторов. Однако суперпользователь может сменить владельца классов операторов в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего класса операторов (возможно, дополненное схемой).

индексный_метод

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

новое_имя

Новое имя класса операторов.

новый_владелец

Новый владелец класса операторов.

новая_схема

Новая схема класса операторов.

Совместимость

Команда `ALTER OPERATOR CLASS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR FAMILY

ALTER OPERATOR FAMILY

ALTER OPERATOR FAMILY — изменить определение семейства операторов

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод ADD
  {  OPERATOR номер_стратегии имя_оператора ( тип_операнда, тип_операнда )
              [ FOR SEARCH | FOR ORDER BY семейство_сортировки ]
   | FUNCTION номер_опорной_функции [ ( тип_операнда [ , тип_операнда ] ) ]
              имя_функции [ ( тип_аргумента [, ...] ) ]
  } [, ... ]

ALTER OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод DROP
  {  OPERATOR номер_стратегии ( тип_операнда [ , тип_операнда ] )
   | FUNCTION номер_опорной_функции ( тип_операнда [ , тип_операнда ] )
  } [, ... ]

ALTER OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод
    RENAME TO новое_имя

ALTER OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }

ALTER OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод
    SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER OPERATOR FAMILY` меняет определение семейства операторов. Она позволяет добавлять в семейство операторы и опорные функции, удалять их из семейства или менять имя и владельца семейства операторов.

Когда операторы и опорные функции добавляются в семейство с помощью `ALTER OPERATOR FAMILY`, они не становятся частью какого-либо определённого класса операторов в семействе, а просто считаются «слабосвязанными» с семейством. Это показывает, что эти операторы и функции семантически совместимы с семейством, но не требуются для корректной работы какого-либо индекса. (Операторы и функции, которые действительно требуются для этого, должны быть включены не в семейство, а в класс операторов; см. CREATE OPERATOR CLASS.) PostgreSQL позволяет удалять слабосвязанные члены из семейства в любое время, но члены класса операторов не могут быть удалены, пока не будет удалён весь класс и все зависимые от него индексы. Обычно в классы операторов включаются операторы и функции, работающие с одним типом данным (так как они нужны для поддержки индексов данных такого типа), а межтиповые функции и операторы становятся слабосвязанными членами семейства.

Выполнить `ALTER OPERATOR FAMILY` может только суперпользователь. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение семейства операторов может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

`ALTER OPERATOR FAMILY` в настоящее время не проверяет, включает ли определение семейства операторов все операторы и функции, требуемые для индексного метода, и образуют ли они целостный набор. Ответственность за правильность определения семейства лежит на пользователе.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.16.

Параметры

имя

Имя существующего семейства операторов (возможно, дополненное схемой).

индексный_метод

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

номер_стратегии

Номер стратегии индексного метода для оператора, связанного с данным семейством операторов.

имя_оператора

Имя (возможно, дополненное схемой) оператора, связанного с данным семейством операторов.

тип_операнда

В предложении `OPERATOR` указывается тип(ы) данных оператора или `NONE`, если это левый или правый унарный оператор. В отличие от похожего синтаксиса в `CREATE OPERATOR CLASS`, здесь типы операндов должны указываться всегда.

В предложении `ADD FUNCTION` это тип данных, который должна поддерживать эта функция, если он отличается от входного типа данных функции. Для функций сравнения B-деревьев и хеш-функций указывать *тип_операнда* необязательно, так как их входные типы данных всегда будут подходящими. Однако для опорных функций сортировки и функций равенства образов в B-деревьях и всех функций в классах операторов GiST, SP-GiST и GIN необходимо указать тип(ы) операндов, с которыми будут использоваться эти функции.

В предложении `DROP FUNCTION` тип операнда, который должна поддерживать эта функция.

семейство_сортировки

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов `btree`, описывающего порядок сортировки, связанный с оператором сортировки.

Если не указано ни `FOR SEARCH` (для поиска), ни `FOR ORDER BY` (для сортировки), подразумевается `FOR SEARCH`.

номер_опорной_функции

Номер опорной функции индексного метода для функции, связанной с данным семейством операторов.

имя_функции

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной функцией индексного метода для данного семейства операторов. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

тип_аргумента

Тип данных параметра функции.

новое_имя

Новое имя семейства операторов.

новый_владелец

Новый владелец семейства операторов.

новая_схема

Новая схема семейства операторов.

Предложения `OPERATOR` и `FUNCTION` могут указываться в любом порядке.

Примечания

Заметьте, что в синтаксисе DROP указывается только «слот» в семействе операторов, по номеру стратегии или опорной функции, и входные типы данных. Имя оператора или функции, занимающих этот слот, не упоминается. Также учтите, что в DROP FUNCTION указываются типы входных данных, которые должна поддерживать функция, но для индексов GiST, SP-GiST и GIN они могут не иметь ничего общего с типами фактических аргументов функции.

Так как механизмы индексов не проверяют права доступа к функциям прежде чем вызывать их, включение функций или операторов в семейство операторов по сути даёт всем право на выполнение их. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в семействе операторов.

Операторы не должны реализовываться в функциях на языке SQL. SQL-функция вероятнее всего будет встроена в вызывающий запрос, что помешает оптимизатору понять, что этот запрос соответствует индексу.

До PostgreSQL 8.4 предложение OPERATOR могло включать указание RECHECK. Теперь это не поддерживается, так как оператор индекса может быть «неточным» и это определяется на ходу в момент выполнения. Это позволяет эффективно справляться с ситуациями, когда оператор может быть или не быть неточным.

Примеры

Следующий пример добавляет опорные функции и межтиповые операторы в семейство операторов, уже содержащее классы операторов B-дерева для типов данных int4 и int2.

```
ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree ADD

  -- int4 и int2
  OPERATOR 1 < (int4, int2) ,
  OPERATOR 2 <= (int4, int2) ,
  OPERATOR 3 = (int4, int2) ,
  OPERATOR 4 >= (int4, int2) ,
  OPERATOR 5 > (int4, int2) ,
  FUNCTION 1 btint42cmp(int4, int2) ,

  -- int2 и int4
  OPERATOR 1 < (int2, int4) ,
  OPERATOR 2 <= (int2, int4) ,
  OPERATOR 3 = (int2, int4) ,
  OPERATOR 4 >= (int2, int4) ,
  OPERATOR 5 > (int2, int4) ,
  FUNCTION 1 btint24cmp(int2, int4) ;
```

Удаление этих же элементов:

```
ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree DROP

  -- int4 vs int2
  OPERATOR 1 (int4, int2) ,
  OPERATOR 2 (int4, int2) ,
  OPERATOR 3 (int4, int2) ,
  OPERATOR 4 (int4, int2) ,
  OPERATOR 5 (int4, int2) ,
  FUNCTION 1 (int4, int2) ,

  -- int2 vs int4
  OPERATOR 1 (int2, int4) ,
  OPERATOR 2 (int2, int4) ,
```

```
  OPERATOR 3 (int2, int4) ,
  OPERATOR 4 (int2, int4) ,
  OPERATOR 5 (int2, int4) ,
  FUNCTION 1 (int2, int4) ;
```

Совместимость

Команда ALTER OPERATOR FAMILY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR FAMILY, DROP OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

ALTER POLICY

ALTER POLICY — изменить определение политики защиты на уровне строк

Синтаксис

```
ALTER POLICY имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя

ALTER POLICY имя ON имя_таблицы
    [ TO { имя_роли | PUBLIC | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] ]
    [ USING ( выражение_использования ) ]
    [ WITH CHECK ( выражение_проверки ) ]
```

Описание

`ALTER POLICY` изменяет определение существующей политики на уровне строк. Заметьте, что `ALTER POLICY` позволяет изменить только набор ролей, для которых применяется политика, и выражения `USING` и `WITH CHECK`. Чтобы изменить другие свойства политики, например команду, к которой она применяется, а также характеристику разрешительная/ограничительная, политику надо удалить и создать заново.

Использовать `ALTER POLICY` может только владелец таблицы (или представления), к которой применяется эта политика.

Во второй форме `ALTER POLICY` список ролей, *`выражение_использования`* и *`выражение_проверки`* заменяются независимо, если они указаны. Когда одно из этих предложений опущено, соответствующая часть политики остаётся неизменной.

Параметры

`имя`

Имя существующей политики, подлежащей изменению.

`имя_таблицы`

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), к которой применяется эта политика.

`новое_имя`

Новое имя политики.

`имя_роли`

Роль (роли), на которую действует политика. В одной команде можно указать несколько ролей. Чтобы применить политику ко всем ролям, укажите `PUBLIC`.

`выражение_использования`

Выражение `USING` для политики. За подробностями обратитесь к CREATE POLICY.

`выражение_проверки`

Выражение `WITH CHECK` для политики. За подробностями обратитесь к CREATE POLICY.

Совместимость

`ALTER POLICY` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE POLICY, DROP POLICY

ALTER PROCEDURE

ALTER PROCEDURE — изменить определение процедуры

Синтаксис

```
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения

Где действие может быть следующим:

    [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
    SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
    RESET параметр_конфигурации
    RESET ALL
```

Описание

`ALTER PROCEDURE` изменяет определение процедуры.

Выполнить `ALTER PROCEDURE` может только владелец процедуры. Чтобы сменить схему процедуры, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме представления. (С таким ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать процедуру. Однако суперпользователь может сменить владельца процедуры в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей процедуры (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя процедуры должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `ALTER PROCEDURE` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации процедуры достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов процедуры (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

новое_имя

Новое имя процедуры.

новый_владелец

Новый владелец процедуры. Заметьте, что если процедура помечена как `SECURITY DEFINER`, в дальнейшем она будет выполняться от имени нового владельца.

новая_схема

Новая схема процедуры.

имя_расширения

Эта форма делает процедуру зависимой от расширения или, наоборот, удаляет эту зависимость, если указывается `NO`. Процедура, помеченная как зависимая от расширения, удаляется при удалении расширения даже без указания `CASCADE`. Если процедура зависит от нескольких расширений, она удаляется при удалении любого из этих расширений.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`
`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Устанавливает, является ли процедура определяющей контекст безопасности. Ключевое слово `EXTERNAL` игнорируется для соответствия стандарту SQL. Подробнее это свойство описано в CREATE PROCEDURE.

параметр_конфигурации
значение

Добавляет или изменяет установку параметра конфигурации, выполняемую при вызове процедуры. Если задано *значение* `DEFAULT` или, что равнозначно, выполняется действие `RESET`, локальное переопределение для процедуры удаляется и процедура выполняется со значением, установленным в окружении. Для удаления всех установок параметров для данной процедуры укажите `RESET ALL`. `SET FROM CURRENT` устанавливает для последующих вызовов процедуры значение параметра, действующее в момент выполнения `ALTER PROCEDURE`.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

`RESTRICT`

Игнорируется для соответствия стандарту SQL.

Примеры

Переименование процедуры `insert_data` с двумя аргументами типа `integer` в `insert_record`:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) RENAME TO insert_record;
```

Смена владельца процедуры `insert_data` с двумя аргументами типа `integer` на `joe`:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) OWNER TO joe;
```

Смена схемы процедуры `insert_data` с двумя аргументами типа `integer` на `accounting`:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) SET SCHEMA accounting;
```

Обозначение процедуры `insert_data(integer, integer)` как зависимой от расширения `myext`:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) DEPENDS ON EXTENSION myext;
```

Изменение пути поиска, который устанавливается автоматически для процедуры:

```
ALTER PROCEDURE check_password(text) SET search_path = admin, pg_temp;
```

Отмена автоматического определения `search_path` для процедуры:

```
ALTER PROCEDURE check_password(text) RESET search_path;
```

Теперь процедура будет выполняться с тем путём, который задан в момент вызова.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором `ALTER PROCEDURE` в стандарте SQL. Стандарт позволяет изменить больше свойств процедуры, но не даёт возможности переименовать процедуру, сделать процедуру определяющей контекст безопасности, связать с процедурой значения параметров конфигурации или изменить владельца, схему или характеристику изменчивости процедуры. Также стандарт требует наличия ключевого слова `RESTRICT`, но в PostgreSQL оно необязательное.

См. также

CREATE PROCEDURE, DROP PROCEDURE, ALTER FUNCTION, ALTER ROUTINE

ALTER PUBLICATION

ALTER PUBLICATION — изменить определение публикации

Синтаксис

```
ALTER PUBLICATION имя ADD TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя SET TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя DROP TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя SET ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] )
ALTER PUBLICATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER PUBLICATION имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

Команда `ALTER PUBLICATION` может изменять атрибуты публикации.

Первые три формы управляют вхождением таблиц в публикации. Предложение `SET TABLE` заменяет список таблиц в публикации заданным. Предложения `ADD TABLE` и `DROP TABLE` добавляют и удаляют таблицы в публикации, соответственно. Заметьте, что при добавлении таблиц в публикацию, на которую уже оформлена подписка, необходимо выполнить `ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION` на стороне подписчика, чтобы это изменение вступило в силу.

Четвёртая форма этой команды, показанная в сводке синтаксиса, может изменять все свойства публикации, заданные в CREATE PUBLICATION. Свойства, которые не упоминаются в этой команде, сохраняют предыдущие значения.

Остальные формы команды меняют владельца и имя публикации.

Для выполнения `ALTER PUBLICATION` необходимо владеть данной публикацией. Чтобы добавить таблицу в публикацию, дополнительно нужно быть владельцем этой таблицы. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в базе данных. Кроме того, новым владельцем публикации `FOR ALL TABLES` должен быть суперпользователь. Однако суперпользователь может менять владельца публикации вне зависимости от этих ограничений.

Параметры

имя

Имя существующей публикации, определение которой изменяется.

имя_таблицы

Имя существующей таблицы. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, затрагивается только заданная таблица. Без `ONLY` затрагивается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что должны затрагиваться и все дочерние таблицы.

`SET ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] )`

Это предложение изменяет параметры публикации, изначально установленные командой CREATE PUBLICATION. За дополнительными сведениями обратитесь к её описанию.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем публикации.

новое_имя

Новое имя публикации.

Примеры

Изменение публикации, чтобы публиковались только удаления и изменения:

```
ALTER PUBLICATION noinsert SET (publish = 'update, delete');
```

Добавление таблиц в публикацию:

```
ALTER PUBLICATION mypublication ADD TABLE users, departments;
```

Совместимость

`ALTER PUBLICATION` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE PUBLICATION, DROP PUBLICATION, CREATE SUBSCRIPTION, ALTER SUBSCRIPTION

ALTER ROLE

ALTER ROLE — изменить роль в базе данных

Синтаксис

```
ALTER ROLE указание_роли [ WITH ] параметр [ ... ]

Здесь параметр:

      SUPERUSER | NOSUPERUSER
    | CREATEDB | NOCREATEDB
    | CREATEROLE | NOCREATEROLE
    | INHERIT | NOINHERIT
    | LOGIN | NOLOGIN
    | REPLICATION | NOREPLICATION
    | BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
    | CONNECTION LIMIT предел_подключений
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль' | PASSWORD NULL
    | VALID UNTIL 'дата_время'

ALTER ROLE имя RENAME TO новое_имя

ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
 { TO | = } { значение | DEFAULT }
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
 FROM CURRENT
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET параметр_конфигурации
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET ALL

Здесь указание_роли:

    имя_роли
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER
```

Описание

`ALTER ROLE` изменяет атрибуты роли PostgreSQL.

Первая форма команды в этой справке может изменить многие атрибуты роли, которые можно указать в CREATE ROLE. (Покрываются все возможные атрибуты, отсутствуют только возможности добавления/удаления членов роли; для этого нужно использовать GRANT и REVOKE.) Атрибуты, не упомянутые в команде, сохраняют свои предыдущие значения. Суперпользователи базы данных могут изменить любые параметры любой роли, а пользователи с правом `CREATEROLE` могут также менять любые параметры (за исключением параметров `SUPERUSER`, `REPLICATION` и `BYPASSRLS`), но только не ролей суперпользователей и репликации. Обычные пользователи (роли) могут менять только свой пароль.

Вторая форма меняет имя роли. Суперпользователи базы данных могут переименовать любую роль, а пользователи с правом `CREATEROLE` могут переименовывать роли не суперпользователей. Также нельзя переименовать роль текущего пользователя в активном сеансе. (Если вам нужно сделать это, подключитесь другим пользователем.) Так как в паролях с `MD5`-шифрованием имя роли используется в качестве криптосоли, при переименовании роли её пароль очищается, если он был зашифрован `MD5`.

Оставшиеся формы меняют значение по умолчанию конфигурационной переменной, которое будет распространяться на сеансы роли во всех базах данных, либо, если добавлено предложение

IN DATABASE, только на сеансы роли в заданной базе. Если вместо имени роли указано ALL, это значение переменной распространяется на все роли. Использование ALL с IN DATABASE по сути равносильно использованию команды ALTER DATABASE ... SET ....

Когда эта роль впоследствии установит новое подключение, указанное значение станет значением по умолчанию в сеансе, переопределяя значение, заданное в postgresql.conf или полученное из командной строки postgres. Это происходит только в момент входа; при выполнении SET ROLE или SET SESSION AUTHORIZATION новые значения не применятся. Набор параметров для всех баз данных переопределяется параметрами уровня БД, установленными для роли. Параметры для конкретной базы данных или конкретной роли переопределяют параметры для всех ролей.

Суперпользователи могут менять значения переменных по умолчанию для любых ролей, а пользователи с правом CREATEROLE могут менять их только для ролей не суперпользователей. Обычные пользователи могут определять переменные только для себя. Некоторые переменные конфигурации нельзя задать таким способом, а некоторые может настроить только суперпользователь. Параметры всех ролей во всех базах данных могут настраивать только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя роли, атрибуты которой изменяются.

CURRENT_USER

Выбирает для изменения текущего пользователя, а не явно задаваемую роль.

SESSION_USER

Выбирает для изменения текущего пользователя сеанса, а не явно задаваемую роль.

SUPERUSER
NOSUPERUSER
CREATEDB
NOCREATEDB
CREATEROLE
NOCREATEROLE
INHERIT
NOINHERIT
LOGIN
NOLOGIN
REPLICATION
NOREPLICATION
BYPASSRLS
NOBYPASSRLS
CONNECTION LIMIT *предел_подключений*
[ENCRYPTED] PASSWORD '*пароль*'
PASSWORD NULL
VALID UNTIL '*дата_время*'

Эти предложения меняют атрибуты, изначально установленные командой CREATE ROLE. За дополнительными сведениями обратитесь к странице справки CREATE ROLE.

новое_имя

Новое имя роли.

имя_бд

Имя базы данных, в которой устанавливается конфигурационная переменная.

параметр_конфигурации
значение

Указанный параметр конфигурации принимает заданное значение по умолчанию в сеансах роли. Если *значение* задано как DEFAULT или, что то же самое, применяется операция RESET, переопределение этого параметра для роли удаляется и роль будет получать в новых сеансах системное значение параметра. Для очистки значений всех параметров, связанных с ролью, применяется RESET ALL. SET FROM CURRENT сохраняет текущее значение параметра в активном сеансе в качестве значения для данной роли. Если указано IN DATABASE, параметр конфигурации настраивается или удаляется только для данной роли и указанной базы данных.

Определения переменных для роли применяются только в начале сеанса; команды SET ROLE и SET SESSION AUTHORIZATION эти определения не обрабатывают.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

Примечания

Для добавления новых ролей используйте команду CREATE ROLE, а для удаления роли — DROP ROLE.

ALTER ROLE не может управлять членством роли, для этого применяется GRANT и REVOKE.

Указывая в этой команде незашифрованный пароль, следует проявлять осторожность. Пароль будет передаваться на сервер открытым текстом и может также записаться в историю команд клиента или в протокол работы сервера. В psql есть команда \password, с помощью которой можно сменить пароль роли, не рискуя рассекретить пароль.

Также возможно связать сеансовые значения по умолчанию с определённой базой данных, а не с ролью (см. ALTER DATABASE). В случае конфликта параметры для базы данных и роли переопределяют параметры только для роли, которые, в свою очередь, переопределяют параметры для базы данных.

Примеры

Изменение пароля роли:

```
ALTER ROLE davide WITH PASSWORD 'hu8jmn3';
```

Удаление пароля роли:

```
ALTER ROLE davide WITH PASSWORD NULL;
```

Изменение срока действия пароля (в частности, определяется, что пароль должен перестать действовать в полдень 4 мая 2015 г. в часовом поясе UTC+1):

```
ALTER ROLE chris VALID UNTIL 'May 4 12:00:00 2015 +1';
```

Установка бесконечного срока действия пароля:

```
ALTER ROLE fred VALID UNTIL 'infinity';
```

Наделение роли правами на управление другими ролями и создание новых баз данных:

```
ALTER ROLE miriam CREATEROLE CREATEDB;
```

Определение нестандартного значения параметра maintenance_work_mem для роли:

```
ALTER ROLE worker_bee SET maintenance_work_mem = 100000;
```

Определение нестандартного значения параметра client_min_messages для роли и заданной базы:

```
ALTER ROLE fred IN DATABASE devel SET client_min_messages = DEBUG;
```

Совместимость

Оператор ALTER ROLE является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE ROLE, DROP ROLE, ALTER DATABASE, SET

ALTER ROUTINE

ALTER ROUTINE — изменить определение подпрограммы

Синтаксис

```
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ]
    [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения

Где действие может быть следующим:

    IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE
    [ NOT ] LEAKPROOF
    [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
    COST стоимость_выполнения
    ROWS строк_в_результате
    SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
    SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
    RESET параметр_конфигурации
    RESET ALL
```

Описание

`ALTER ROUTINE` изменяет определение подпрограммы, то есть агрегата, функции или процедуры. Описание параметров, дополнительные примеры и подробности представлены в описаниях ALTER AGGREGATE, ALTER FUNCTION и ALTER PROCEDURE.

Примеры

Переименование подпрограммы `foo` для типа `integer` в `foobar`:

```
ALTER ROUTINE foo(integer) RENAME TO foobar;
```

Эта команда будет работать независимо от того, является ли `foo` процедурой, агрегатной или обычной функцией.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором `ALTER ROUTINE` в стандарте SQL. За подробностями обратитесь к описаниям ALTER FUNCTION и ALTER PROCEDURE. Возможность сослаться по имени подпрограммы на агрегатную функцию является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER AGGREGATE, ALTER FUNCTION, ALTER PROCEDURE, DROP ROUTINE

Заметьте, что команды `CREATE ROUTINE` нет.

ALTER RULE

ALTER RULE — изменить определение правила

Синтаксис

```
ALTER RULE имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER RULE` изменяет свойства существующего правила. В настоящее время эта команда может только изменить имя правила.

Использовать `ALTER RULE` может только владелец таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

Параметры

имя

Имя существующего правила, подлежащего изменению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

новое_имя

Новое имя правила.

Примеры

Переименование существующего правила:

```
ALTER RULE notify_all ON emp RENAME TO notify_me;
```

Совместимость

Оператор `ALTER RULE` является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

CREATE RULE, DROP RULE

ALTER SCHEMA

ALTER SCHEMA — изменить определение схемы

Синтаксис

```
ALTER SCHEMA имя RENAME TO новое_имя
ALTER SCHEMA имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

`ALTER SCHEMA` изменяет определение схемы.

Выполнить `ALTER SCHEMA` может только владелец соответствующей схемы. Чтобы переименовать схему, необходимо также иметь право `CREATE` в базе данных схемы. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца и иметь право `CREATE` в базе данных. (Суперпользователи наделяются этими правами автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующей схемы.

новое_имя

Новое имя схемы. Новое имя не может начинаться с `pg_`, так как такие имена зарезервированы для системных схем.

новый_владелец

Новый владелец схемы.

Совместимость

Оператор `ALTER SCHEMA` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE SCHEMA, DROP SCHEMA

ALTER SEQUENCE

ALTER SEQUENCE — изменить определение генератора последовательности

Синтаксис

```
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя
    [ AS тип_данных ]
    [ INCREMENT [ BY ] шаг ]
    [ MINVALUE мин_значение | NO MINVALUE ] [ MAXVALUE макс_значение | NO MAXVALUE ]
    [ START [ WITH ] начало ]
    [ RESTART [ [ WITH ] перезапуск ] ]
    [ CACHE кеш ] [ [ NO ] CYCLE ]
    [ OWNED BY { имя_таблицы.имя_столбца | NONE } ]
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER SEQUENCE` меняет параметры существующего генератора последовательности. Параметры, не определяемые явно в команде `ALTER SEQUENCE`, сохраняют свои предыдущие значения.

Выполнить `ALTER SEQUENCE` может только владелец соответствующей последовательности. Чтобы сменить схему последовательности, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме последовательности. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать последовательность. Однако суперпользователь может сменить владельца последовательности в любом случае.)

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) последовательности, подлежащей изменению.

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если последовательность не существует. В этом случае будет выдано замечание.

тип_данных

Необязательное предложение `AS` *тип_данных* меняет тип данных для последовательности. Допустимые типы: `smallint`, `integer` и `bigint`.

При изменении типа данных автоматически меняются минимальное и максимальное значения последовательности, в том и только в том случае, если это были минимальные и максимальные значения старого типа данных (другими словами, если последовательность была создана со свойствами `NO MINVALUE` или `NO MAXVALUE`, неявно или явно). В противном случае минимальные и максимальные значения сохраняются, если только в этой же команде не указаны новые значения. Если минимальное/максимальное значение не умещается в новом типе данных, выдаётся ошибка.

шаг

Предложение `INCREMENT BY` *шаг* является необязательным. При положительном значении шага генерируется возрастающая последовательность, при отрицательном — убывающая; если шаг не указан, сохраняется предыдущее значение.

мин_значение
NO MINVALUE

Необязательное предложение MINVALUE *мин_значение* определяет минимальное значение, которое будет генерировать данная последовательность. Если указано NO MINVALUE, для возрастающей последовательности этим значением будет 1, а для убывающей — минимальное число для её типа данных. В отсутствие этих указаний будет сохранено текущее минимальное значение.

макс_значение
NO MAXVALUE

Необязательное предложение MAXVALUE *макс_значение* определяет максимальное значение, которое будет генерировать данная последовательность. Если указано NO MAXVALUE, для возрастающей последовательности этим значением будет максимальное число для её типа данных, а для убывающей — -1. В отсутствие этих указаний будет сохранено текущее максимальное значение.

начало

Необязательное предложение START WITH *начало* меняет записанное начальное значение последовательности. При этом *текущее* значение последовательности не меняется, а только устанавливается значение, которое будет применено будущими командами ALTER SEQUENCE RESTART.

перезапуск

Необязательное предложение RESTART [WITH *перезапуск*] меняет текущее значение последовательности. Оно подобно вызову функции setval с параметром is_called = false: указанное значение перезапуска будет возвращено при *следующем* вызове функции nextval. Отсутствие в RESTART значения *перезапуск* равносильно передаче стартового значения, записанного командой CREATE SEQUENCE или последнего установленного командой ALTER SEQUENCE START WITH.

В отличие от вызова setval, операция RESTART с последовательностью является транзакционной и не даёт параллельным транзакциям получать числа из той же последовательности. Если это поведение не устраивает, следует воспользоваться функцией setval.

кеш

Предложение CACHE *кеш* разрешает предварительно выделять и сохранять в памяти числа последовательности для ускорения доступа к ним. Минимальное значение равно 1 (т. е. за один раз генерируется только одно значение, кеширования нет). Если это предложение отсутствует, сохраняется старое значение размера кеша.

CYCLE

Необязательное ключевое слово CYCLE позволяет зациклить последовательность при достижении *макс_значения* или *мин_значения* для возрастающей и убывающей последовательности, соответственно. Когда этот предел достигается, следующим числом этих последовательностей будет соответственно *мин_значение* или *макс_значение*.

NO CYCLE

Если добавляется необязательное указание NO CYCLE, при каждом вызове nextval после достижения предельного значения будет возникать ошибка. Если же указания CYCLE и NO CYCLE отсутствуют, сохраняется предыдущее поведение зацикливания.

OWNED BY *имя_таблицы.имя_столбца*
OWNED BY NONE

Указание OWNED BY связывает последовательность с определённым столбцом таблицы, с тем чтобы при удалении этого столбца (или всей таблицы) автоматически удалилась и последовательность. Это указание заменяет любую ранее установленную связь данной последовательности. Целевая таблица должна иметь того же владельца и находиться в той же схеме, что и последовательность. Указание `OWNED BY NONE` убирает все существующие связи, обозначая последовательность «независимой».

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем последовательности.

новое_имя

Новое имя последовательности.

новая_схема

Новая схема последовательности.

Примечания

`ALTER SEQUENCE` не оказывает немедленного влияния на результаты `nextval` в серверных процессах, кроме текущего, которые могли предварительно сгенерировать (кешировать) значения последовательности. Эти процессы заметят изменения только после того, как будут израсходованы все кешированные значения. Текущий серверный процесс реагирует на изменения сразу.

`ALTER SEQUENCE` не влияет на значение `currval` последовательности. (В PostgreSQL до версии 8.3 это могло происходить.)

`ALTER SEQUENCE` блокирует параллельные вызовы `nextval`, `currval`, `lastval` и `setval`.

По историческим причинам `ALTER TABLE` тоже может работать с последовательностями, но все разновидности `ALTER TABLE`, допустимые для управления последовательностями, равнозначны вышеперечисленным формам.

Примеры

Перезапуск последовательности `serial` с числа 105:

```
ALTER SEQUENCE serial RESTART WITH 105;
```

Совместимость

Оператор `ALTER SEQUENCE` соответствует стандарту SQL, за исключением предложений `AS`, `START WITH`, `OWNED BY`, `OWNER TO`, `RENAME TO` и `SET SCHEMA`, являющихся расширениями PostgreSQL.

См. также

CREATE SEQUENCE, DROP SEQUENCE

ALTER SERVER

ALTER SERVER — изменить определение стороннего сервера

Синтаксис

```
ALTER SERVER имя [ VERSION 'новая_версия' ]
    [ OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] ) ]
ALTER SERVER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER SERVER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER SERVER` изменяет определение стороннего сервера. Первая форма меняет строку версии сервера или общие параметры сервера (требуется минимум одно предложение). Вторая форма меняет владельца сервера.

Изменить свойства сервера может только его владелец. Чтобы изменить владельца, необходимо быть его владельцем, а также непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и кроме того, иметь право `USAGE` для обёртки сторонних данных сервера. (Суперпользователи удовлетворяют всем этим условиям автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующего сервера.

новая_версия

Новая версия сервера.

`OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] )`

Эти формы изменяют параметры сервера. Указания `ADD`, `SET` и `DROP` определяют выполняемое действие (добавление, установка и удаление, соответственно). Если действие не задано явно, подразумевается `ADD`. Имена параметров должны быть уникальными, они вместе со значениями также проверяются библиотекой обёртки сторонних данных.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем стороннего сервера.

новое_имя

Новое имя стороннего сервера.

Примеры

Изменение свойств сервера `foo`, добавление параметров подключения:

```
ALTER SERVER foo OPTIONS (host 'foo', dbname 'foodb');
```

Изменение свойств сервера `foo`: смена версии, изменение параметра `host`:

```
ALTER SERVER foo VERSION '8.4' OPTIONS (SET host 'baz');
```

Совместимость

`ALTER SERVER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Формы `OWNER TO` и `RENAME` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

CREATE SERVER, DROP SERVER

ALTER STATISTICS

ALTER STATISTICS — изменить определение объекта расширенной статистики

Синтаксис

```
ALTER STATISTICS имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER STATISTICS имя RENAME TO новое_имя
ALTER STATISTICS имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER STATISTICS имя SET STATISTICS новый_ориентир
```

Описание

`ALTER STATISTICS` меняет параметры существующего объекта расширенной статистики. Параметры, не определённые явно в команде `ALTER STATISTICS`, сохраняют свои предыдущие значения.

Выполнить `ALTER STATISTICS` может только владелец объекта статистики. Чтобы сменить схему объекта статистики, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, также нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме объекта статистики. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать объект статистики. Однако суперпользователь может сменить владельца объекта статистики в любом случае.)

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) объекта статистики, подлежащего изменению.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем объекта статистики.

новое_имя

Новое имя объекта статистики.

новая_схема

Новая схема объекта статистики.

новый_ориентир

Ориентир сбора статистики для данного объекта, который будет учитываться при последующих операциях ANALYZE. Значение ориентира может лежать в диапазоне от 0 до 10000. Также оно может равняться -1; в этом случае используется максимум из ориентиров статистики, заданных для целевых столбцов, а если таковые не заданы, используется системный ориентир статистики по умолчанию (default_statistics_target). За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

Совместимость

Оператор `ALTER STATISTICS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE STATISTICS, DROP STATISTICS

ALTER SUBSCRIPTION

ALTER SUBSCRIPTION — изменить определение подписки

Синтаксис

```
ALTER SUBSCRIPTION имя CONNECTION 'строка_подключения'
ALTER SUBSCRIPTION имя SET PUBLICATION имя_публикации [, ...] [ WITH
  ( параметр_set_publication [= значение] [, ... ] ) ]
ALTER SUBSCRIPTION имя REFRESH PUBLICATION [ WITH ( параметр_обновления [= значение]
  [, ... ] ) ]
ALTER SUBSCRIPTION имя ENABLE
ALTER SUBSCRIPTION имя DISABLE
ALTER SUBSCRIPTION имя SET ( параметр_подписки [= значение] [, ... ] )
ALTER SUBSCRIPTION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER SUBSCRIPTION имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

`ALTER SUBSCRIPTION` может менять многие свойства подписки, которые могут задаваться в CREATE SUBSCRIPTION.

Чтобы выполнить `ALTER SUBSCRIPTION` для подписки, нужно быть её владельцем. Чтобы сменить владельца, нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца. Новый владелец должен быть суперпользователем. (В настоящее время все владельцы подписок должны быть суперпользователями, так что на практике проверка владельца будет пропущена. Но в будущем это может быть изменено.)

Параметры

имя

Имя подписки, свойства которой изменяются.

`CONNECTION 'строка_подключения'`

Это предложение изменяет строку соединения, изначально установленную командой CREATE SUBSCRIPTION. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию этой команды.

`SET PUBLICATION имя_публикации`

Изменяет список публикаций, на которые оформлена подписка. За подробностями обратитесь к описанию CREATE SUBSCRIPTION. По умолчанию эта команда также выполняет действие `REFRESH PUBLICATION`.

В указании *параметр_set_publication* задаются дополнительные свойства операции. Поддерживаются следующие параметры:

`refresh` (`boolean`)

Со значением `false` данная команда не будет обновлять информацию о таблицах. В этом случае следует выполнить `REFRESH PUBLICATION` отдельно. Значение по умолчанию — `true`.

Кроме того, здесь могут задаваться параметры обновления, упомянутые в описании `REFRESH PUBLICATION`.

`REFRESH PUBLICATION`

Считывает недостающую информацию о таблицах с публикующего сервера. В результате производится репликация таблиц, добавленных в публикации, на которые оформлена подписка, после последнего вызова `REFRESH PUBLICATION` или `CREATE SUBSCRIPTION`.

В указании *параметр_обновления* задаются дополнительные свойства операции обновления. Поддерживаются следующие параметры:

`copy_data` (`boolean`)

Определяет, должны ли копироваться существующие данные в публикациях, на которые оформляется подписка, сразу после начала репликации. Значение по умолчанию — `true`. (К таблицам, добавленным в публикации ранее, это не относится.)

`ENABLE`

Включает ранее отключённую подписку, запуская процесс логической репликации в конце транзакции.

`DISABLE`

Отключает активную подписку, останавливая процесс логической репликации в конце транзакции.

`SET ( параметр_подписки [= значение] [, ... ] )`

Это предложение изменяет параметры, изначально установленные командой CREATE SUBSCRIPTION. За подробностями обратитесь к её описанию. Данное предложение позволяет изменить параметры `slot_name` и `synchronous_commit`

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем подписки.

новое_имя

Новое имя подписки.

Примеры

Изменение подписки, заключающееся в подписывании на публикацию `insert_only`:

```
ALTER SUBSCRIPTION mysub SET PUBLICATION insert_only;
```

Отключение (остановка) подписки:

```
ALTER SUBSCRIPTION mysub DISABLE;
```

Совместимость

`ALTER SUBSCRIPTION` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SUBSCRIPTION, DROP SUBSCRIPTION, CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

ALTER SYSTEM

ALTER SYSTEM — изменить параметр конфигурации сервера

Синтаксис

```
ALTER SYSTEM SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение [, ...] | DEFAULT }

ALTER SYSTEM RESET параметр_конфигурации
ALTER SYSTEM RESET ALL
```

Описание

Оператор `ALTER SYSTEM` применяется для изменения параметров конфигурации сервера, распространяющихся на весь кластер баз данных. Пользоваться им может быть удобнее, чем вручную редактировать файл `postgresql.conf`. `ALTER SYSTEM` записывает заданное значение параметра в файл `postgresql.auto.conf`, который считывается сервером в дополнение к `postgresql.conf`. При указании в качестве значения параметра `DEFAULT` или применении формы `RESET` соответствующий элемент конфигурации удаляется из `postgresql.auto.conf`. Удалить все настроенные таким способом параметры позволяет предложение `RESET ALL`.

Значения, установленные командой `ALTER SYSTEM`, вступают в силу после следующей перезагрузки конфигурации сервера либо после перезапуска сервера (если это параметры, воспринимаемые только при запуске). Перезагрузить конфигурацию сервера можно, вызвав SQL-функцию `pg_reload_conf()`, выполнив `pg_ctl reload` или отправив сигнал SIGHUP главному серверному процессу.

Выполнить `ALTER SYSTEM` могут только суперпользователи. А так как эта команда работает непосредственно с файловой системой и не может быть отменена, её нельзя поместить в блок транзакции или функцию.

Параметры

`параметр_конфигурации`

Имя устанавливаемого параметра конфигурации. Список доступных параметров приведён в Главе 19.

`значение`

Новое значение параметра. Значениями могут быть строковые константы, идентификаторы, числа или списки таких элементов через запятую, в зависимости от конкретного параметра. Значения, не являющиеся числами или действительными идентификаторами, должны заключаться в кавычки. Если в качестве значения указать `DEFAULT`, параметр и его значение удаляются из `postgresql.auto.conf`.

Для некоторых параметров, принимающих в качестве значения список, значения в кавычках будут записываться в файл в двойных кавычках для сохранения пробелов и запятых; в других случаях для достижения такого эффекта необходимо использовать двойные кавычки внутри строк, заключённых в одинарные кавычки.

Примечания

С помощью этой команды нельзя задать data_directory, равно как и другие параметры, недопустимые в `postgresql.conf` (например, предустановленные параметры).

Другие способы настройки параметров описаны в Разделе 19.1.

Примеры

Установка уровня ведения журнала транзакций (`wal_level`):

```
ALTER SYSTEM SET wal_level = replica;
```

Отмена изменения, восстановление значения, заданного в `postgresql.conf`:

```
ALTER SYSTEM RESET wal_level;
```

Совместимость

Оператор `ALTER SYSTEM` является расширением PostgreSQL.

См. также

SET, SHOW

ALTER TABLE

ALTER TABLE — изменить определение таблицы

Синтаксис

```
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    действие [, ... ]
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    RENAME CONSTRAINT имя_ограничения TO имя_нового_ограничения
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER TABLE ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    ATTACH PARTITION имя_секции { FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    DETACH PARTITION имя_секции

Где действие может быть следующим:

    ADD [ COLUMN ] [ IF NOT EXISTS ] имя_столбца тип_данных
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    DROP [ COLUMN ] [ IF EXISTS ] имя_столбца [ RESTRICT | CASCADE ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца [ SET DATA ] TYPE тип_данных
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ USING выражение ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET | DROP } NOT NULL
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP EXPRESSION [ IF EXISTS ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца ADD GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY
 [ ( параметры_последовательности ) ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } |
 SET параметр_последовательности | RESTART [ [ WITH ] перезапуск ] } [...]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP IDENTITY [ IF EXISTS ]
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }
    ADD ограничение_таблицы [ NOT VALID ]
    ADD ограничение_таблицы_по_индексу
    ALTER CONSTRAINT имя_ограничения [ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY
 DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]
    VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения
    DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]  имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]
    DISABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
    ENABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
    ENABLE REPLICA TRIGGER имя_триггера
    ENABLE ALWAYS TRIGGER имя_триггера
    DISABLE RULE имя_правила_перезаписи
    ENABLE RULE имя_правила_перезаписи
    ENABLE REPLICA RULE имя_правила_перезаписи
    ENABLE ALWAYS RULE имя_правила_перезаписи
```

```
    DISABLE ROW LEVEL SECURITY
    ENABLE ROW LEVEL SECURITY
    FORCE ROW LEVEL SECURITY
    NO FORCE ROW LEVEL SECURITY
    CLUSTER ON имя_индекса
    SET WITHOUT CLUSTER
    SET WITHOUT OIDS
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство
    SET { LOGGED | UNLOGGED }
    SET ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] )
    RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
    INHERIT таблица_родитель
    NO INHERIT таблица_родитель
    OF имя_типа
    NOT OF
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
    REPLICA IDENTITY { DEFAULT | USING INDEX имя_индекса | FULL | NOTHING }

и указание_границ_секции:

IN ( выражение_границ_секции [, ...] ) |
FROM ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] )
  TO ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] ) |
WITH ( MODULUS числовая_константа, REMAINDER числовая_константа )

и ограничение_столбца:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
  NULL |
  CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  DEFAULT выражение_по_умолчанию |
  GENERATED ALWAYS AS ( генерирующее_выражение ) STORED |
  GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [ ( параметры_последовательности ) ] |
  UNIQUE параметры_индекса |
  PRIMARY KEY параметры_индекса |
  REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец ) ] [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL |
 MATCH SIMPLE ]
    [ ON DELETE ссылочное_действие ] [ ON UPDATE ссылочное_действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и ограничение_таблицы:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  UNIQUE ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  PRIMARY KEY ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  EXCLUDE [ USING индексный_метод ] ( элемент_исключения WITH оператор
 [, ... ] ) параметры_индекса [ WHERE ( предикат ) ] |
  FOREIGN KEY ( имя_столбца [, ... ] ) REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец
 [, ... ] ) ]
    [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL | MATCH SIMPLE ] [ ON DELETE ссылочное_действие ] [ ON
 UPDATE ссылочное_действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и ограничение_таблицы_по_индексу:

    [ CONSTRAINT имя_ограничения ]
```

```
    { UNIQUE | PRIMARY KEY } USING INDEX имя_индекса
    [ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

параметры_индекса в ограничениях UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE:

[ INCLUDE ( имя_столбца [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
[ USING INDEX TABLESPACE табл_пространство ]

элемент_исключения в ограничении EXCLUDE:

{ имя_столбца | ( выражение ) } [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов
 [ ( параметр_класса_оп = значение [, ... ] ) ] ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST |
 LAST } ]
```

Описание

`ALTER TABLE` меняет определение существующей таблицы. Несколько её разновидностей описаны ниже. Заметьте, что для разных разновидностей могут требоваться разные уровни блокировок. Если явно не отмечено другое, запрашивается блокировка `ACCESS EXCLUSIVE`. При указании нескольких подкоманд будет запрашиваться самая сильная блокировка из требуемых ими.

`ADD COLUMN [ IF NOT EXISTS ]`

Эта форма добавляет в таблицу новый столбец, с тем же синтаксисом, что и CREATE TABLE. Если указано `IF NOT EXISTS` и столбец с таким именем уже существует, это не будет ошибкой.

`DROP COLUMN [ IF EXISTS ]`

Эта форма удаляет столбец из таблицы. При этом автоматически будут удалены индексы и ограничения таблицы, связанные с этим столбцом. Также будет удалена многовариантная статистика, охватывающая удаляемый столбец, если после его удаления в статистике останутся данные только одного столбца. Если от этого столбца зависят какие либо объекты вне этой таблицы, например, внешние ключи или представления, чтобы удалить их, необходимо добавить указание `CASCADE`. Если в команде указано `IF EXISTS` и этот столбец не существует, это не считается ошибкой, вместо этого просто выдаётся замечание.

`SET DATA TYPE`

Эта форма меняет тип столбца таблицы. Индексы и простые табличные ограничения, включающие этот столбец, будут автоматически преобразованы для использования нового типа столбца, для чего будет заново разобрано определяющее их выражение. Необязательное предложение `COLLATE` задаёт правило сортировки для нового столбца; если оно опущено, выбирается правило сортировки по умолчанию для нового типа. Необязательное предложение `USING` определяет, как новое значение столбца будет получено из старого; если оно отсутствует, выполняется приведение типа по умолчанию, как обычное присваивание значения старого типа новому. Предложение `USING` становится обязательным, если неявное приведение или присваивание с приведением старого типа к новому не определено.

`SET/DROP DEFAULT`

Эти формы задают или удаляют значение по умолчанию для столбца (удаление равносильно указанию NULL в качестве значения по умолчанию). Новые значения по умолчанию применяются только при последующих командах `INSERT` или `UPDATE`; их изменения не отражаются в строках, уже существующих в таблице.

`SET/DROP NOT NULL`

Эти формы определяют, будет ли столбец принимать значения NULL или нет.

Указание `SET NOT NULL` можно применить к столбцу, только если ни одна из записей таблицы не содержит в этом столбце значение `NULL`. Обычно эта проверка производится в момент выполнения ALTER TABLE и требует сканирования всей таблицы; однако в случае наличия ограничений CHECK (и если они не удаляются в той же команде), гарантирующих отсутствие NULL, сканирование таблицы пропускается.

Если данная таблица является секцией, операцию DROP NOT NULL нельзя выполнить для столбца, если он определён с характеристикой NOT NULL в родительской таблице. Чтобы удалить ограничение NOT NULL из всех секций, выполните DROP NOT NULL для родительской таблицы. Даже если ограничение NOT NULL в родительской таблице отсутствует, при желании такое ограничение может быть добавлено в отдельные секции. Другими словами, потомки могут запрещать значения NULL, даже если родитель их допускает, но не наоборот.

DROP EXPRESSION [IF EXISTS]

Эта форма преобразует хранимый генерируемый столбец в обычный. Существующие данные в столбцах сохраняются, но будущие изменения будут вноситься не генерирующим выражением.

Если указано DROP EXPRESSION IF EXISTS и заданный столбец не является хранимым генерируемым столбцом, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

ADD GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY
SET GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT }
DROP IDENTITY [IF EXISTS]

Это формы меняют для столбца свойство идентификации или меняют характеристику генерирования для существующего столбца идентификации. Как и SET DEFAULT, эти формы влияют на поведение только последующих команд INSERT и UPDATE; их действие не отражаются в строках, уже существующих в таблице.

Если указано DROP IDENTITY IF EXISTS и заданный столбец не является столбцом идентификации, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

SET *параметр_последовательности*
RESTART

Эти формы меняют нижележащую последовательность ранее созданного столбца идентификации. Здесь *параметр_последовательности* — это параметр, поддерживаемый командой ALTER SEQUENCE, например INCREMENT BY.

SET STATISTICS

Эта форма задаёт ориентир сбора статистики по столбцу для последующих операций ANALYZE. Диапазон допустимых значений ориентира: 0..10000; при -1 применяется системное значение по умолчанию (default_statistics_target). За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

SET STATISTICS запрашивает блокировку SHARE UPDATE EXCLUSIVE.

SET (*атрибут* = *значение* [, ...])
RESET (*атрибут* [, ...])

Эта форма устанавливает или сбрасывает параметры атрибутов. В настоящее время единственными параметрами атрибутов являются n_distinct и n_distinct_inherited, которые переопределяют оценку кол-ва_различных_значений, производимую последующими операциями ANALYZE. Атрибут n_distinct влияет на расчёт статистики по самой таблице, а n_distinct_inherited — на статистику по таблице и её потомкам. Если заданное значение положительно, ANALYZE будет считать, что столбец содержит именно это количество различных значений не NULL. Если заданное значение отрицательно (оно должно быть больше или равно -1), ANALYZE будет считать, что количество различных значений не NULL в столбце линейно зависит от размера таблицы; точное число будет получено умножением примерного размера таблицы на абсолютное значение параметра. Например, при -1 будет предполагаться, что различны все значения в столбце, а при -0,5 — что в среднем каждое значение повторяется дважды. Это может быть полезно, когда размер таблицы меняется со временем, так как умножение на число строк в таблице производится только во время планирования запроса. С 0 количество различных значений оценивается как обычно. За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

Для изменения параметров атрибутов запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

`SET STORAGE`

Эта форма устанавливает режим хранения столбца. Она определяет, хранятся ли данные внутри таблицы или в отдельной таблице TOAST, а также, сжимаются ли они. Режим `PLAIN` должен применяться для значений фиксированной длины, таких как `integer`; это вариант хранения внутри, без сжатия. Режим `MAIN` применяется для хранения внутри, но сжатых данных, `EXTERNAL` — для внешнего хранения несжатых данных, а `EXTENDED` — для внешнего хранения сжатых данных. `EXTENDED` используется по умолчанию для большинства типов данных, поддерживающих хранилище не `PLAIN`. Применение `EXTERNAL` позволяет ускорить операции с подстроками на очень больших значениях `text` и `bytea`, за счёт проигрыша в объёме хранилища. Заметьте, что предложение `SET STORAGE` само по себе не меняет ничего в таблице, оно только задаёт стратегию, которая будет реализована при будущих изменениях в таблице. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 69.2.

`ADD` *`ограничение_таблицы`* `[ NOT VALID ]`

Эта форма добавляет в таблицу новое ограничение, принимая тот же синтаксис описания ограничения, что и CREATE TABLE, а также дополнительное указание `NOT VALID`, которое в настоящее время поддерживается только для ограничений внешнего ключа и ограничений-проверок.

Обычно эта форма влечёт сканирование всей таблицы для проверки, что все существующие строки в таблице удовлетворяют новому ограничению. Но если используется указание `NOT VALID`, эта потенциально длительная проверка пропускается. Тем не менее это ограничение будет действовать при последующих добавлениях или изменениях данных (то есть эти операции не будут выполнены, если новая строка нарушит условие ограничения-проверки, либо при наличии внешнего ключа в главной таблице не найдётся соответствующая строка). Но база данных не будет считать, что ограничение выполняется для всех строк таблицы, пока оно не будет проверено с применением указания `VALIDATE CONSTRAINT`. Дополнительную информацию об использовании указания `NOT VALID` вы найдете ниже, в разделе Замечания.

Хотя почти все разновидности `ADD` *`ограничение_таблицы`* требуют блокировку `ACCESS EXCLUSIVE`, для указания `ADD FOREIGN KEY` требуется только блокировка `SHARE ROW EXCLUSIVE`. Заметьте, что `ADD FOREIGN KEY` запрашивает такую блокировку как в таблице, в которой добавляется это ограничение, так и в таблице, на которую это ограничение ссылается.

С ограничениями уникальности и первичного ключа, добавляемыми в секционированные таблицы, связаны дополнительные требования; см. CREATE TABLE. Кроме того, в настоящее время ограничения внешнего ключа для секционированных таблиц не могут объявляться как непроверенные (`NOT VALID`).

`ADD` *`ограничение_таблицы_по_индексу`*

Эта форма добавляет в таблицу новое ограничение `PRIMARY KEY` или `UNIQUE` на базе существующего уникального индекса. В это ограничение будут включены все столбцы данного индекса.

Индекс не может быть частичным и включать столбцы-выражения. Кроме того, это должен быть индекс-B-дерево с порядком сортировки по умолчанию. С такими ограничениями добавляемые индексы не будут ничем отличаться от индексов, создаваемых обычными командами `ADD PRIMARY KEY` и `ADD UNIQUE`.

В случае с указанием `PRIMARY KEY`, если столбцы индекса ещё не помечены `NOT NULL`, данная команда попытается выполнить `ALTER COLUMN SET NOT NULL` для каждого столбца. При этом потребуется произвести полное сканирование таблицы, чтобы убедиться, что столбец(ы) не содержит NULL. Во всех остальных случаях это быстрая операция.

Если задано имя ограничения, индекс будет переименован и получит заданное имя. В противном случае именем ограничения станет имя индекса.

После выполнения этой команды индекс становится «принадлежащим» ограничению, так же, как если бы он был создан обычной командой `ADD PRIMARY KEY` или `ADD UNIQUE`. Это значит, в частности, что при удалении ограничения индекс будет удалён вместе с ним.

Эта форма с секционированными таблицами в настоящее время не поддерживается.

> ### Примечание
>
> Добавление ограничения на базе существующего индекса бывает полезно в ситуациях, когда новое ограничение требуется добавить, не блокируя изменения в таблице на долгое время. Для этого можно создать индекс командой `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, а затем задействовать его как полноценное ограничение, используя эту запись. См. следующий пример.

`ALTER CONSTRAINT`

Эта форма меняет атрибуты созданного ранее ограничения. В настоящее время изменять можно только ограничения внешнего ключа.

`VALIDATE CONSTRAINT`

Эта форма проверяет ограничение внешнего ключа или ограничение-проверку, созданное ранее с указанием `NOT VALID`, сканируя всю таблицу с целью убедиться, что ограничению удовлетворяют все строки. Если ограничение уже помечено как проверенное, ничего не происходит. (В чём польза этой команды, вы можете узнать в разделе Замечания.)

Эта команда запрашивает блокировку `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

`DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ]`

Эта форма удаляет указанное ограничение таблицы, вместе с нижележащим индексом, если таковой имеется. Если указано `IF EXISTS` и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

`DISABLE/ENABLE [ REPLICA | ALWAYS ] TRIGGER`

Эти формы настраивают срабатывание триггера(ов), принадлежащего таблице. Отключённый триггер сохраняется в системе, но не выполняется, когда происходит вызывающее его событие. Для отложенных триггеров состояние включения проверяется при возникновении события, а не когда фактически вызывается функция триггера. Эта команда может отключить или включить один триггер по имени, либо все триггеры таблицы, либо только пользовательские триггеры (кроме сгенерированных внутрисистемных триггеров ограничений, например, триггеров, реализующих ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и ограничения-исключения). Для отключения или включения сгенерированных внутрисистемных триггеров ограничений требуются права суперпользователя; отключать их следует с осторожностью, так как очевидно, что невозможно гарантировать целостность ограничений, если триггеры не работают.

На механизм срабатывания триггеров также влияет конфигурационная переменная session_replication_role. Включённые без дополнительных указаний (по умолчанию) триггеры будут срабатывать, когда роль репликации — «origin» (по умолчанию) или «local». Триггеры, включённые указанием `ENABLE REPLICA`, будут срабатывать, только если текущий режим сеанса — «replica», а триггеры, включённые указанием `ENABLE ALWAYS`, будут срабатывать независимо от текущего режима репликации.

Эффект этого механизма состоит в том, что в конфигурации по умолчанию триггеры не срабатывают в репликах. Это полезно, потому что если триггер используется в исходной базе для распределения данных по таблицам, система репликации будет реплицировать и распределённые таким образом данные, поэтому триггер не должен срабатывать в реплике второй раз, так как иначе будет иметь место дублирование. Однако если триггер используется для других целей, например, выдаёт уведомления, может иметь смысл установить для него свойство `ENABLE ALWAYS`, чтобы он также срабатывал в репликах.

Эта команда запрашивает блокировку `SHARE ROW EXCLUSIVE`.

`DISABLE/ENABLE [ REPLICA | ALWAYS ] RULE`

Эти формы настраивают срабатывание правил перезаписи, относящихся к таблице. Отключённое правило сохраняется в системе, но не применяется во время переписывания запроса. По сути эти операции подобны операциям включения/отключения триггеров. Однако это не распространяется на правила `ON SELECT` — они применяются всегда, чтобы представления продолжали работать, даже в сеансах, исполняющих не основную роль репликации.

На механизм срабатывания правил также оказывает влияние конфигурационная переменная session_replication_role, подобное тому, что описано выше применительно к триггерам.

`DISABLE/ENABLE ROW LEVEL SECURITY`

Эти формы управляют применением относящихся к таблице политик защиты строк. Если защита включается, но политики для таблицы не определены, применяется политика запрета доступа по умолчанию. Заметьте, что политики могут быть определены для таблицы, даже если защита на уровне строк отключена. В этом случае политики *не* применяются и их ограничения игнорируются. См. также CREATE POLICY.

`NO FORCE/FORCE ROW LEVEL SECURITY`

Эти формы управляют применением относящихся к таблице политик защиты строк, когда пользователь является её владельцем. Если это поведение включается, политики защиты на уровне строк будут действовать и на владельца таблицы. Если оно отключено (по умолчанию), защита на уровне строк не будет действовать на пользователя, являющегося владельцем таблицы. См. также CREATE POLICY.

`CLUSTER ON`

Эта форма выбирает индекс по умолчанию для последующих операций CLUSTER. Собственно кластеризация таблицы при этом не выполняется.

Для изменения параметров кластеризации запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

`SET WITHOUT CLUSTER`

Эта форма удаляет последнее заданное указание индекса для CLUSTER. Её действие отразится на будущих операциях кластеризации, для которых не будет задан индекс.

Для изменения параметров кластеризации запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

`SET WITHOUT OIDS`

Обеспечивающий обратную совместимость синтаксис удаления системного столбца `oid`. Так как добавить системные столбцы `oid` теперь невозможно, это указание фактически не действует.

`SET TABLESPACE`

Эта форма меняет табличное пространство таблицы на заданное и перемещает файлы данных, связанные с таблицей, в новое пространство. Индексы таблицы, если они имеются, не перемещаются; однако их можно переместить отдельно дополнительными командами `SET TABLESPACE`. В секционированной таблице при этом ничего не перемещается, но секции, созданные впоследствии с указанием `CREATE TABLE PARTITION OF`, будут использовать это табличное пространство (если только оно не будет переопределено предложением `TABLESPACE`).

Форма `ALL IN TABLESPACE` позволяет перенести в другое табличное пространство все таблицы текущей базы данных в текущем пространстве, при этом она сначала блокирует все таблицы, а затем переносит каждую из них. Эта форма также поддерживает предложение `OWNED BY`, с которым перемещаются только таблицы указанных владельцев. С указанием `NOWAIT` команда завершается ошибкой, если не может получить все требуемые блокировки немедленно. Заметьте, что системные каталоги эта форма не перемещает; если требуется переместить их, следует использовать `ALTER DATABASE` или явные вызовы `ALTER TABLE`. Отношения `information_schema` не считаются частью системных каталогов и подлежат перемещению. См. также CREATE TABLESPACE.

`SET { LOGGED | UNLOGGED }`

Эта форма меняет характеристику журналирования таблицы, делает таблицу журналируемой/нежурналируемой, соответственно (см. `UNLOGGED`). К временной таблице она неприменима.

`SET ( `*`параметр_хранения`*` [= `*`значение`*`] [, ... ] )`

Эта форма меняет один или несколько параметров хранения таблицы. Подробнее допустимые параметры рассмотрены в разделе Параметры хранения описания CREATE TABLE. Заметьте, что эта команда не меняет содержимое таблицы немедленно; в зависимости от параметра может потребоваться перезаписать таблицы, чтобы получить желаемый эффект. Это можно сделать с помощью команд VACUUM FULL, CLUSTER или одной из форм `ALTER TABLE`, принудительно перезаписывающих таблицу. Изменения параметров, связанных с планировщиком, вступают в силу при следующей блокировке таблицы, так что в текущих запросах они не проявляются.

Данная форма затребует блокировку `SHARE UPDATE EXCLUSIVE` для изменения параметров хранения, связанных с фактором заполнения, TOAST и автоочисткой, а также параметра планировщика `parallel_workers`.

`RESET ( `*`параметр_хранения`*` [, ... ] )`

Эта форма сбрасывает один или несколько параметров хранения к значениям по умолчанию. Как и с `SET`, для полного обновления таблицы может потребоваться перезаписать таблицу.

`INHERIT `*`таблица_родитель`*

Эта форма назначает целевую таблицу потомком заданной родительской таблицы. Впоследствии запросы к родительской таблице будут включать записи и целевой таблицы. Чтобы таблица могла стать потомком, она должна содержать те же столбцы, что и родительская (хотя она может включать и дополнительные столбцы). Столбцы должны иметь одинаковые типы данных и, если в родительской таблице какие-то из них имеют ограничение `NOT NULL`, они должны иметь ограничение `NOT NULL` и в таблице-потомке.

Также в таблице-потомке должны присутствовать все ограничения `CHECK` родительской таблицы, за исключением ненаследуемых (то есть созданных командой `ALTER TABLE ... ADD CONSTRAINT ... NO INHERIT`), которые игнорируются; при этом все соответствующие ограничения в таблице-потомке не должны быть ненаследуемыми. В настоящее время ограничения `UNIQUE`, `PRIMARY KEY` и `FOREIGN KEY` не учитываются, но в будущем это может измениться.

`NO INHERIT `*`таблица_родитель`*

Эта форма удаляет целевую таблицу из списка потомков указанной родительской таблицы. Результаты запросов к родительской таблице после этого не будут включать записи, взятые из целевой таблицы.

`OF `*`имя_типа`*

Эта форма связывает таблицу с составным типом, как если бы она была сформирована командой `CREATE TABLE OF`. При этом список имён и типов столбцов должен точно соответствовать тому, что образует составной тип. Кроме того, таблица не должна быть потомком какой-либо другой таблицы. Эти ограничения гарантируют, что команда `CREATE TABLE OF` позволит создать таблицу с таким же определением.

`NOT OF`

Эта форма разрывает связь типизированной таблицы с её типом.

`OWNER TO`

Эта форма меняет владельца таблицы, последовательности, представления, материализованного представления или сторонней таблицы на заданного пользователя.

`REPLICA IDENTITY`

Эта форма меняет информацию, записываемую в журнал предзаписи для идентификации изменяемых или удаляемых строк. В большинстве случаев старое значение в каждом столбце записывается, только если оно отличается от нового, но значение, хранящееся отдельно, записывается всегда, даже если оно не изменилось. Данный параметр действует только при использовании логической репликации.

`DEFAULT`

Записываются старые значения столбцов первичного ключа, если он есть. Это режим по умолчанию для несистемных таблиц.

`USING INDEX` *`имя_индекса`*

Записываются старые значения столбцов, составляющих заданный индекс, который должен быть уникальным, не частичным, не отложенным и включать только столбцы, помеченные `NOT NULL`. Если этот индекс удалён, поведение будет таким же, как в режиме `NOTHING`.

`FULL`

Записываются старые значения всех столбцов в строке.

`NOTHING`

Информация о старой строке не записывается. Это режим по умолчанию для системных таблиц.

`RENAME`

Формы `RENAME` меняют имя таблицы (или индекса, последовательности, представления, материализованного представления или сторонней таблицы), имя отдельного столбца таблицы или имя ограничения таблицы. При переименовании ограничения, у которого имеется нижележащий индекс, этот индекс также переименовывается. На хранимые данные это не влияет.

`SET SCHEMA`

Эта форма перемещает таблицу в другую схему. Вместе с таблицей перемещаются связанные с ней индексы и ограничения, а также последовательности, принадлежащие столбцам таблицы.

`ATTACH PARTITION` *`имя_секции`* `{ FOR VALUES` *`указание_границ_секции`* `| DEFAULT }`

Эта форма присоединяет существующую таблицу (которая тоже может быть секционированной) в качестве секции к целевой таблице. С указанием `FOR VALUES` таблица станет секцией для определённых значений, а с указанием `DEFAULT` — секцией по умолчанию. Для каждого индекса в целевой таблице будет создан соответствующий индекс в присоединяемой таблице; или, если равнозначный индекс уже существует, он будет присоединён к индексу целевой таблицы, как при выполнении команды `ALTER INDEX ATTACH PARTITION`. Заметьте, что если существующая таблица является сторонней, в настоящее время её нельзя присоединить в качестве секции к целевой таблице, в которой имеются уникальные индексы (`UNIQUE`). (См. также CREATE

FOREIGN TABLE.) Также для каждого существующего в целевой таблице пользовательского триггера уровня строк будет создан такой же триггер в присоединяемой таблице.

Для секции, добавляемой с `FOR VALUES`, используется то же *указание_границ_секции*, что и в CREATE TABLE. Это указание должно соответствовать стратегии секционирования и ключу секционирования целевой таблицы. Присоединяемая таблица должна иметь те же столбцы, что и целевая, и никаких других; более того, должны совпадать и типы столбцов. Кроме того, в ней должны быть те же ограничения `NOT NULL` и `CHECK`, что и в целевой таблице, не помеченные как `NO INHERIT`. Ограничения `FOREIGN KEY` в настоящее время не учитываются. Ограничения `UNIQUE` и `PRIMARY KEY` из родительской таблицы будут созданы в секции, если они там ещё не существуют.

Если новая секция является обычной таблицей, чтобы убедиться, что ни одна строка в таблице не нарушает ограничение секции, производится полное сканирование таблицы. Такого сканирования можно избежать, добавив перед выполнением этой команды в таблицу действующее ограничение `CHECK`, допускающее только такие строки, которые удовлетворяют задаваемому ограничению секции. Наличие этого ограничения позволит определить, что таблицу не нужно сканировать для проверки ограничения секции. Однако это не будет работать, если какие-либо ключи секционирования являются выражениями и секция не принимает значения `NULL`. При присоединении секции по списку, не принимающей значения `NULL`, также добавьте ограничение `NOT NULL` в столбец ключа секционирования, если это не выражение.

Если новая секция является сторонней таблицей, никакая проверка, удовлетворяют ли все строки сторонней таблицы ограничению секции, не выполняется. (Обсуждение ограничений сторонней таблицы вы можете найти в CREATE FOREIGN TABLE.)

Когда у таблицы есть секция по умолчанию, у данной секции при добавлении новой меняется ограничение секции. Секция по умолчанию не может содержать строки, которые должны быть перенесены в новую секцию, поэтому она будет просканирована и проверена на предмет их отсутствия. Этого сканирования, как и сканирования новой секции, можно избежать, если определить подходящее ограничение `CHECK`. Кроме того, сканирование этой секции, как и новой, всегда пропускается, когда данная секция является сторонней таблицей.

Для присоединения секции затребуется блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE` в родительской таблице, помимо блокировок `ACCESS EXCLUSIVE` в присоединяемых таблицах и секции по умолчанию (при наличии).

Подобные блокировки также должны устанавливаться во всех вложенных секциях, если присоединяемая таблица либо секция по умолчанию в свою очередь является секционированной таблицей. Блокировки вложенных секций можно избежать, добавив ограничение `CHECK`, как это описано в Подразделе 5.11.2.2.

`DETACH PARTITION` *имя_секции*

Эта форма отсоединяет заданную секцию от целевой таблицы. Отсоединяемая секция продолжит существовать как отдельная таблица, но более не будет иметь никаких связей с таблицей, от которой была отсоединена. Все индексы, которые были присоединены к индексам целевой таблицы, отсоединяются, а триггеры, созданные как копии существующих в целевой таблице, удаляются. Таблицы, ссылающиеся на секционированную таблицу через внешние ключи, блокируются в режиме `SHARE`.

Все виды ALTER TABLE, действующие на одну таблицу, кроме `RENAME`, `SET SCHEMA`, `ATTACH PARTITION` и `DETACH PARTITION` можно объединить в список множественных изменений и применить вместе. Например, можно добавить несколько столбцов и/или изменить тип столбцов в одной команде. Это особенно полезно для больших таблиц, так как вся таблица обрабатывается за один проход.

Выполнить `ALTER TABLE` может только владелец соответствующей таблицы. Чтобы сменить схему или табличное пространство таблицы, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме или табличном пространстве. Чтобы сделать таблицу потомком другой таблицы, нужно быть владельцем и родительской таблицы. Также, чтобы подсоединить таблицу к другой в качестве секции, необходимо быть владельцем подсоединяемой таблицы. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме таблицы. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать таблицу. Однако суперпользователь может сменить владельца таблицы в любом случае.) Чтобы добавить столбец, сменить тип столбца или применить предложение `OF`, необходимо также иметь право `USAGE` для соответствующего типа данных.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы, подлежащей изменению. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, изменяется только заданная таблица. Без `ONLY` изменяется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что изменению подлежат все дочерние таблицы.

`имя_столбца`

Имя нового или существующего столбца.

`новое_имя_столбца`

Новое имя существующего столбца.

`новое_имя`

Новое имя таблицы.

`тип_данных`

Тип данных нового столбца или новый тип данных существующего столбца.

`ограничение_таблицы`

Новое ограничение таблицы.

`имя_ограничения`

Имя нового или существующего ограничения.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от удаляемого столбца или ограничения (например, представления, содержащие этот столбец), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении столбца или ограничения, если существуют зависящие от них объекты. Это поведение по умолчанию.

`имя_триггера`

Имя включаемого или отключаемого триггера.

`ALL`

Отключить или включить все триггеры, принадлежащие таблице. (Для этого требуются права суперпользователя, если в числе этих триггеров оказываются сгенерированные внутрисистемные триггеры исключений, например те, что реализуют ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и исключений.)

`USER`

Отключить или включить все триггеры, принадлежащие таблице, за исключением сгенерированных внутрисистемных триггеров исключений, например, тех, что реализуют ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и исключений.

`имя_индекса`

Имя существующего индекса.

`параметр_хранения`

Имя параметра хранения таблицы

`значение`

Новое значение параметра хранения таблицы. Это может быть число или строка, в зависимости от параметра.

`таблица_родитель`

Родительская таблица, с которой будет установлена или разорвана связь данной таблицы.

`новый_владелец`

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем таблицы.

`новое_табл_пространство`

Имя табличного пространства, в которое будет перемещена таблица.

`новая_схема`

Имя схемы, в которую будет перемещена таблица.

`имя_секции`

Имя таблицы, присоединяемой в качестве новой секции, или наоборот, отсоединяемой от данной таблицы.

`указание_границ_секции`

Указание границ для новой секции. Подробнее синтаксис этого указания рассматривается в описании CREATE TABLE.

Замечания

Ключевое слово `COLUMN` не несёт смысловой нагрузки и может быть опущено.

Когда конструкция `ADD COLUMN` добавляет столбец и для него задано неизменчивое выражение `DEFAULT`, значение по умолчанию вычисляется во время выполнения оператора и сохраняется в метаданных таблицы. Это значение затем будет использовано в качестве содержимого столбца для всех существующих строк. Если указание `DEFAULT` отсутствует, столбец будет содержать NULL. В обоих случаях перезапись таблицы не требуется.

Добавление столбца с изменчивым выражением `DEFAULT` или изменение типа существующего столбца влечёт за собой перезапись всей таблицы и её индексов. Но возможно исключение при смене типа существующего столбца: если предложение `USING` не меняет содержимое столбца и старый тип двоично приводится к новому или является неограниченным доменом поверх нового типа, то перезапись таблицы не требуется, хотя все индексы с затронутыми столбцами всё же требуется перестроить. Перестроение больших таблиц и/или их индексов может быть весьма длительной процедурой, которая при этом временно требует вдвое больше места на диске.

Добавление ограничений CHECK или NOT NULL влечёт за собой необходимость просканировать таблицу, чтобы проверить, что все существующие строки удовлетворяют ограничению, но перезаписывать таблицу при этом не требуется.

Подобным образом, при присоединении новой секции может производиться её сканирование для проверки, соответствуют ли существующие строки ограничению секции.

Возможность объединения множества изменений в одну команду ALTER TABLE полезна в основном тем, что позволяет совместить сканирования и перезаписи таблицы, требуемые этим операциям, и выполнить их за один проход.

Сканирование большой таблицы для проверки нового внешнего ключа или ограничения-проверки может занять длительное время и будет препятствовать внесению других изменений до фиксирования команды ALTER TABLE ADD CONSTRAINT. Основное предназначение указания NOT VALID при добавлении ограничения состоит в уменьшении влияния этой операции на параллельные изменения данных. С указанием NOT VALID команда ADD CONSTRAINT не сканирует таблицу и может быть зафиксирована немедленно. После этого можно выполнить команду VALIDATE CONSTRAINT, которая проверит все существующие строки на соответствие ограничению. Эта команда не будет препятствовать параллельным изменениям, так как ей известно, что в других транзакциях для добавляемых или изменяемых строк ограничение уже будет действовать; проверить нужно только уже существующие строки. Таким образом, для этой проверки в таблице затребуется только блокировка SHARE UPDATE EXCLUSIVE. (Если ограничение является внешним ключом, то в целевой таблице этого ключа также затребуется блокировка ROW SHARE.) Помимо оптимизации параллельной работы, указание NOT VALID и предложение VALIDATE CONSTRAINT полезно в случаях, когда заведомо известно, что в таблице есть строки, нарушающие ограничения. После создания ограничения добавить новые недопустимые строки будет невозможно, а все существующие проблемы могут разрешаться в удобное время, пока VALIDATE CONSTRAINT не выполнится успешно.

Форма DROP COLUMN не удаляет столбец физически, а просто делает его невидимым для операций SQL. При последующих операциях добавления или изменения в этот столбец будет записываться значение NULL. Таким образом, удаление столбца выполняется быстро, но при этом размер таблицы на диске не уменьшается, так как пространство, занимаемое удалённым столбцом, не высвобождается. Это пространство будет освобождено со временем, по мере изменения существующих строк.

Чтобы принудительно высвободить пространство, занимаемое столбцом, который был удалён, можно выполнить одну из форм ALTER TABLE, производящих перезапись всей таблицы. В результате все строки будут воссозданы так, что в удалённом столбце будет содержаться NULL.

Перезаписывающие формы ALTER TABLE небезопасны с точки зрения MVCC. После перезаписи таблица будет выглядеть пустой для параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным до момента перезаписи. За подробностями обратитесь к Разделу 13.5.

В указании USING предложения SET DATA TYPE на самом деле можно записать выражение со старыми значениями строки; то есть, оно может ссылаться как на преобразуемые столбцы, так и на другие. Это позволяет записывать в SET DATA TYPE очень общие преобразования данных. Ввиду такой гибкости, выражение USING не применяется к значению по умолчанию данного столбца (если таковое есть); результат может быть не константным выражением, что требуется для значения по умолчанию. Это означает, что в случае отсутствия явного приведения или присваивания старого типа новому, SET DATA TYPE может не справиться с преобразованием значения по умолчанию, несмотря на то, что применяется предложение USING. В этих случаях нужно удалить значение по умолчанию с помощью DROP DEFAULT, выполнить ALTER TYPE, а затем с помощью SET DEFAULT задать новое подходящее значение по умолчанию. Подобные соображения применимы и в отношении индексов и ограничений с этим столбцом.

Если у таблицы имеются дочерние таблицы, то добавлять, переименовывать столбцы или менять их тип в родительской таблице, не повторяя ту же операцию в дочерних таблицах, нельзя. Это правило гарантирует, что столбцы в дочерних таблицах всегда соответствуют родительской. Подобным образом, нельзя переименовать ограничение CHECK в родительской таблице, не переименовывая его во всех дочерних таблицах, что тоже гарантирует соответствие всех ограничений CHECK. (Однако это не касается ограничений, построенных на индексах.) И так как выборка из родительской таблицы влечёт за собой выборку из всех потомков, ограничение родителя не может быть помечено как действующее, если оно также не является действующим в потомках. Во всех этих случаях команда ALTER TABLE ONLY не будет выполнена.

Рекурсивная операция DROP COLUMN удалит столбец из дочерней таблицы, только если этот столбец не наследуется от каких-то других родителей и никогда не был определён в дочерней таблице независимо. Нерекурсивная операция DROP COLUMN (т. е., ALTER TABLE ONLY ... DROP COLUMN) никогда не удаляет унаследованные столбцы; вместо этого она помечает их как независимо определённые, а не наследуемые. С секционированной таблицей нерекурсивная команда DROP COLUMN выдаст ошибку, так как все секции таблицы должны содержать те же столбцы, что и главная таблица.

Действия для столбцов идентификации (ADD GENERATED, SET и т. д., DROP IDENTITY), а также действия TRIGGER, CLUSTER, OWNER и TABLESPACE никогда не распространяются рекурсивно на дочерние таблицы; то есть они всегда выполняются так, как будто указано ONLY. Операция добавления ограничения выполняется рекурсивно только для ограничений CHECK, не помеченных как NO INHERIT.

Какие-либо изменения таблиц системного каталога не допускаются.

За более подробным описанием допустимых параметров обратитесь к CREATE TABLE. Дополнительно о наследовании можно узнать в Главе 5.

Примеры

Добавление в таблицу столбца типа varchar:

```
ALTER TABLE distributors ADD COLUMN address varchar(30);
```

При этом во всех существующих строках таблицы новый столбец получит значение null.

Добавление столбца со значением по умолчанию (отличным от NULL):

```
ALTER TABLE measurements
  ADD COLUMN mtime timestamp with time zone DEFAULT now();
```

В существующих строках новый столбец будет содержать текущее время, а в добавляемых впоследствии строках — время их добавления.

Добавление столбца и заполнение его значением, отличным от значения по умолчанию, которое будет использоваться в дальнейшем:

```
ALTER TABLE transactions
  ADD COLUMN status varchar(30) DEFAULT 'old',
  ALTER COLUMN status SET default 'current';
```

Существующие строки будут заполнены значением old, но для последующих команд значением по умолчанию будет current. Результат этих двух указаний в одной команде будет таким же, как и при выполнении их в отдельных командах ALTER TABLE.

Удаление столбца из таблицы:

```
ALTER TABLE distributors DROP COLUMN address RESTRICT;
```

Изменение типов двух существующих столбцов в одной операции:

```
ALTER TABLE distributors
    ALTER COLUMN address TYPE varchar(80),
    ALTER COLUMN name TYPE varchar(100);
```

Смена типа целочисленного столбца, содержащего время в стиле Unix, на тип timestamp with time zone с применением предложения USING:

```
ALTER TABLE foo
```

```
    ALTER COLUMN foo_timestamp SET DATA TYPE timestamp with time zone
    USING
        timestamp with time zone 'epoch' + foo_timestamp * interval '1 second';
```

То же самое, но в случае, когда у столбца есть значение по умолчанию, не приводимое автоматически к новому типу данных:

```
ALTER TABLE foo
    ALTER COLUMN foo_timestamp DROP DEFAULT,
    ALTER COLUMN foo_timestamp TYPE timestamp with time zone
    USING
        timestamp with time zone 'epoch' + foo_timestamp * interval '1 second',
    ALTER COLUMN foo_timestamp SET DEFAULT now();
```

Переименование существующего столбца:

```
ALTER TABLE distributors RENAME COLUMN address TO city;
```

Переименование существующей таблицы:

```
ALTER TABLE distributors RENAME TO suppliers;
```

Переименование существующего ограничения:

```
ALTER TABLE distributors RENAME CONSTRAINT zipchk TO zip_check;
```

Добавление в столбец ограничения NOT NULL:

```
ALTER TABLE distributors ALTER COLUMN street SET NOT NULL;
```

Удаление ограничения NOT NULL из столбца:

```
ALTER TABLE distributors ALTER COLUMN street DROP NOT NULL;
```

Добавление ограничения-проверки в таблицу и все её потомки:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(zipcode) = 5);
```

Добавление ограничения-проверки только в таблицу, но не в её потомки:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(zipcode) = 5) NO
 INHERIT;
```

(Данное ограничение-проверка не будет наследоваться и будущими потомками тоже.)

Удаление ограничения-проверки из таблицы и из всех её потомков:

```
ALTER TABLE distributors DROP CONSTRAINT zipchk;
```

Удаление ограничения-проверки только из самой таблицы:

```
ALTER TABLE ONLY distributors DROP CONSTRAINT zipchk;
```

(Ограничение-проверка остаётся во всех дочерних таблицах.)

Добавление в таблицу ограничения внешнего ключа:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT distfk FOREIGN KEY (address) REFERENCES
 addresses (address);
```

Добавление в таблицу ограничения внешнего ключа с наименьшим влиянием на работу других:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT distfk FOREIGN KEY (address) REFERENCES
 addresses (address) NOT VALID;
ALTER TABLE distributors VALIDATE CONSTRAINT distfk;
```

Добавление в таблицу ограничения уникальности (по нескольким столбцам):

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT dist_id_zipcode_key UNIQUE (dist_id, zipcode);
```

Добавление в таблицу первичного ключа с автоматическим именем (учтите, что в таблице может быть только один первичный ключ):

```
ALTER TABLE distributors ADD PRIMARY KEY (dist_id);
```

Перемещение таблицы в другое табличное пространство:

```
ALTER TABLE distributors SET TABLESPACE fasttablespace;
```

Перемещение таблицы в другую схему:

```
ALTER TABLE myschema.distributors SET SCHEMA yourschema;
```

Пересоздание ограничения первичного ключа без блокировки изменений в процессе перестроения индекса:

```
CREATE UNIQUE INDEX CONCURRENTLY dist_id_temp_idx ON distributors (dist_id);
ALTER TABLE distributors DROP CONSTRAINT distributors_pkey,
    ADD CONSTRAINT distributors_pkey PRIMARY KEY USING INDEX dist_id_temp_idx;
```

Присоединение секции к таблице, секционируемой по диапазонам:

```
ALTER TABLE measurement
    ATTACH PARTITION measurement_y2016m07 FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO
 ('2016-08-01');
```

Присоединение секции к таблице, секционируемой по списку:

```
ALTER TABLE cities
    ATTACH PARTITION cities_ab FOR VALUES IN ('a', 'b');
```

Присоединение секции к таблице, секционируемой по хешу:

```
ALTER TABLE orders
    ATTACH PARTITION orders_p4 FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 3);
```

Присоединение секции по умолчанию к секционированной таблице:

```
ALTER TABLE cities
    ATTACH PARTITION cities_partdef DEFAULT;
```

Удаление секции из секционированной таблицы:

```
ALTER TABLE measurement
    DETACH PARTITION measurement_y2015m12;
```

Совместимость

Формы `ADD` (без `USING INDEX`), `DROP [COLUMN]`, `DROP IDENTITY`, `RESTART`, `SET DEFAULT`, `SET DATA TYPE` (без `USING`), `SET GENERATED` и `SET` *`параметр_последовательности`* соответствуют стандарту SQL. Другие формы являются расширениями стандарта SQL, реализованными в PostgreSQL. Кроме того, расширением является возможность указать в одной команде `ALTER TABLE` несколько операций изменения.

`ALTER TABLE DROP COLUMN` позволяет удалить единственный столбец таблицы и оставить таблицу без столбцов. Это является расширением стандарта SQL, который не допускает существование таблиц с нулём столбцов.

См. также

CREATE TABLE

ALTER TABLESPACE

ALTER TABLESPACE — изменить определение табличного пространства

Синтаксис

```
ALTER TABLESPACE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TABLESPACE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER TABLESPACE имя SET ( параметр_табличного_пространства = значение [, ... ] )
ALTER TABLESPACE имя RESET ( параметр_табличного_пространства [, ... ] )
```

Описание

`ALTER TABLESPACE` может применяться для изменения определения табличного пространства.

Чтобы изменить определение табличного пространства, нужно быть его владельцем. Чтобы сменить владельца, нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца. (Заметьте, что суперпользователи наделяются этими правами автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующего табличного пространства.

новое_имя

Новое имя табличного пространства. Новое имя не может начинаться с `pg_`, так как такие имена зарезервированы для системных табличных пространств.

новый_владелец

Новый владелец табличного пространства.

параметр_табличного_пространства

Устанавливаемый или сбрасываемый параметр табличного пространства. В настоящее время поддерживаются только параметры `seq_page_cost`, `random_page_cost` и `effective_io_concurrency`. При установке этих значений для заданного табличного пространства будет переопределена обычная оценка стоимости чтения страниц из таблиц в этом пространстве, настраиваемая одноимённым параметром конфигурации (см. seq_page_cost, random_page_cost, effective_io_concurrency). Это может быть полезно, если одно из табличных пространств размещено на диске, который быстрее или медленнее остальной дисковой системы.

Примеры

Переименование табличного пространства `index_space` в `fast_raid`:

```
ALTER TABLESPACE index_space RENAME TO fast_raid;
```

Смена владельца табличного пространства `index_space`:

```
ALTER TABLESPACE index_space OWNER TO mary;
```

Совместимость

Оператор `ALTER TABLESPACE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TABLESPACE, DROP TABLESPACE

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION — изменить определение конфигурации текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ADD MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] WITH имя_словаря [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] WITH имя_словаря [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING REPLACE старый_словарь WITH новый_словарь
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] REPLACE старый_словарь WITH новый_словарь
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    DROP MAPPING [ IF EXISTS ] FOR тип_фрагмента [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя RENAME TO новое_имя
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION` изменяет определение конфигурации текстового поиска. Эта команда позволяет настроить сопоставления типов фрагментов со словарями или сменить владельца или имя конфигурации.

Выполнить `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION` может только владелец соответствующей конфигурации.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей конфигурации текстового поиска.

тип_фрагмента

Имя типа фрагмента, выдаваемое при разборе конфигурации.

имя_словаря

Имя словаря текстового поиска, в котором будет искаться указанный тип фрагмента. Если указаны несколько словарей, они просматриваются в порядке перечисления.

старый_словарь

Имя словаря текстового поиска, которое будет заменено в сопоставлении.

новый_словарь

Имя словаря текстового поиска, которое будет подставлено там, где был *старый_словарь*.

новое_имя

Новое имя конфигурации текстового поиска.

новый_владелец

Новый владелец конфигурации текстового поиска.

новая_схема

Новая схема конфигурации текстового поиска.

Форма ADD MAPPING FOR настраивает список словарей, которые будут просматриваться в поиске указанных типов фрагментов; если сопоставление для каких-либо типов уже задано, возникнет ошибка. Форма ALTER MAPPING FOR делает то же самое, но она сначала удаляет существующее сопоставление для этих типов фрагментов. Формы ALTER MAPPING REPLACE подставляют *новый_словарь* вместо *старый_словарь* везде, где упоминается последний. Это выполняется только для указанных типов фрагментов, когда присутствует FOR, либо для всех сопоставлений в конфигурации в противном случае. Форма DROP MAPPING удаляет все словари для заданных типов фрагментов, в результате чего фрагменты этих типов будут игнорироваться конфигурацией. Если сопоставлений для заданных типов фрагментов нет, возникает ошибка, если только не добавлено указание IF EXISTS.

Примеры

В следующем примере словарь english заменяется на swedish везде, где использовался english в конфигурации my_config.

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION my_config
  ALTER MAPPING REPLACE english WITH swedish;
```

Совместимость

Оператор ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION, DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY — изменить определение словаря текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя (
    параметр [ = значение ] [, ... ]
)
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя RENAME TO новое_имя
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
 SESSION_USER }
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY` изменяет определение словаря текстового поиска. Эта команда позволяет изменить параметры словаря, связанные с шаблонами, или сменить владельца или имя словаря.

Выполнить `ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY` может только владелец словаря.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего словаря текстового поиска.

параметр

Имя параметра шаблона, устанавливаемого для данного словаря.

значение

Новое значение для параметра настройки шаблонов. Если знак равно и значение опущено, предыдущее значение параметра удаляется из словаря, что позволяет вернутся к значению по умолчанию.

новое_имя

Новое имя словаря текстового поиска.

новый_владелец

Новый владелец словаря текстового поиска.

новая_схема

Новая схема словаря текстового поиска.

Параметры настройки шаблонов могут перечисляться в любом порядке.

Примеры

Команда в следующем примере меняет список стоп-слов словаря на базе Snowball. Другие параметры остаются неизменными.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( StopWords = newrussian );
```

Команда в следующем примере меняет параметр, определяющий язык, на `dutch`, и удаляет параметр, задающий список стоп-слов.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( language = dutch, StopWords );
```

Следующая команда «изменяет» определение словаря, на самом деле не меняя ничего.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( dummy );
```

(Это работает потому, что код удаления параметра не считает ошибкой отсутствие такого параметра.) Этот трюк может быть полезен при изменении файлов конфигурации словаря; ALTER принудит все существующие сеансы перечитать файлы конфигурации, что в противном случае они не сделают никогда, если прочитали конфигурацию ранее.

Совместимость

Оператор ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY, DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

ALTER TEXT SEARCH PARSER

ALTER TEXT SEARCH PARSER — изменить определение анализатора текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH PARSER имя RENAME TO новое_имя
ALTER TEXT SEARCH PARSER имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER TEXT SEARCH PARSER` изменяет определение анализатора текстового поиска. В настоящее время эта команда позволяет только сменить его имя.

Выполнить `ALTER TEXT SEARCH PARSER` может только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего анализатора текстового поиска.

новое_имя

Новое имя анализатора текстового поиска.

новая_схема

Новая схема анализатора текстового поиска.

Совместимость

Оператор `ALTER TEXT SEARCH PARSER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH PARSER, DROP TEXT SEARCH PARSER

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE — изменить определение шаблона текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

`ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE` изменяет определение шаблона текстового поиска. В настоящее время эта команда позволяет только сменить его имя.

Выполнить команду `ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE` может только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего шаблона текстового поиска.

новое_имя

Новое имя шаблона текстового поиска.

новая_схема

Новая схема шаблона текстового поиска.

Совместимость

Оператор `ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE, DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

ALTER TRIGGER

ALTER TRIGGER — изменить определение триггера

Синтаксис

```
ALTER TRIGGER имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя
ALTER TRIGGER имя ON имя_таблицы [ NO ] DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
```

Описание

`ALTER TRIGGER` меняет свойства существующего триггера. Предложение `RENAME` переименовывает данный триггер, не затрагивая его определение. Предложение `DEPENDS ON EXTENSION` помечает триггер как зависимый от расширения, так что при удалении расширения будет автоматически удаляться и триггер.

Изменять свойства триггера может только владелец таблицы, с которой работает триггер.

Параметры

имя

Имя существующего триггера, подлежащего изменению.

имя_таблицы

Имя таблицы, с которой работает триггер.

новое_имя

Новое имя триггера.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть триггер (или не будет, если указано `NO`). Триггер, помеченный как зависимый от расширения, автоматически удаляется при удалении расширения.

Примечания

Возможность временно включать или отключать триггер предоставляется командой ALTER TABLE, а не `ALTER TRIGGER`, так как `ALTER TRIGGER` не позволяет удобным образом выразить указание включить или отключить все триггеры таблицы сразу.

Примеры

Переименование существующего триггера:

```
ALTER TRIGGER emp_stamp ON emp RENAME TO emp_track_chgs;
```

Обозначение триггера как зависимого от расширения:

```
ALTER TRIGGER emp_stamp ON emp DEPENDS ON EXTENSION emplib;
```

Совместимость

`ALTER TRIGGER` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

ALTER TABLE

ALTER TYPE

ALTER TYPE — изменить определение типа

Синтаксис

```
ALTER TYPE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER TYPE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TYPE имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER TYPE имя RENAME ATTRIBUTE имя_атрибута TO новое_имя_атрибута [ CASCADE |
 RESTRICT ]
ALTER TYPE имя действие [, ... ]
ALTER TYPE имя ADD VALUE [ IF NOT EXISTS ] новое_значение_перечисления [ { BEFORE |
 AFTER } соседнее_значение_перечисления ]
ALTER TYPE имя RENAME VALUE существующее_значение_перечисления
 TO новое_значение_перечисления
ALTER TYPE имя SET ( свойство = значение [, ... ] )

Где действие может быть следующим:

    ADD ATTRIBUTE имя_атрибута тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [ CASCADE |
 RESTRICT ]
    DROP ATTRIBUTE [ IF EXISTS ] имя_атрибута [ CASCADE | RESTRICT ]
    ALTER ATTRIBUTE имя_атрибута [ SET DATA ] TYPE тип_данных
  [ COLLATE правило_сортировки ] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`ALTER TYPE` изменяет определение существующего типа. Эта команда имеет несколько разновидностей:

`OWNER`

Эта форма меняет владельца типа.

`RENAME`

Эта форма меняет имя типа.

`SET SCHEMA`

Эта форма переносит тип в другую схему.

`RENAME ATTRIBUTE`

Эта форма работает только с составными типами. Она меняет имя отдельного атрибута такого типа.

`ADD ATTRIBUTE`

Эта форма добавляет в составной тип новый атрибут с тем же синтаксисом, что и CREATE TYPE.

`DROP ATTRIBUTE [ IF EXISTS ]`

Эта форма удаляет атрибут из составного типа. Если указано `IF EXISTS` и атрибут не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

`ALTER ATTRIBUTE ... SET DATA TYPE`

Эта форма меняет тип атрибута составного типа.

`ADD VALUE [ IF NOT EXISTS ] [ BEFORE | AFTER ]`

Эта форма добавляет новое значение в тип-перечисление. Порядок нового значения в перечислении можно указать, добавив `BEFORE` (перед) или `AFTER` (после) с одним из существующих значений. Если такое указание отсутствует, новый элемент добавляется в конец списка значений.

С указанием `IF NOT EXISTS`, если тип уже содержит новое значение, ошибки не произойдёт: будет выдано замечание и ничего больше. Без этого указания, если такое значение уже представлено, возникнет ошибка.

`RENAME VALUE`

Эта форма переименовывает значение в типе-перечислении. Позиция значения в порядке перечисления при этом не меняется. Если это значение отсутствует или в перечислении уже есть новое имя, выдаётся ошибка.

`SET (` *`свойство`* `=` *`значение`* `[, ... ] )`

Эта форма применима только к базовым типам. Она позволяет изменить некоторые свойства типа, которые можно задать в `CREATE TYPE`, а именно:

- `RECEIVE` позволяет задать имя функции двоичного ввода, а значение `NONE` удаляет ссылку на такую функцию. Менять это свойство разрешено только суперпользователям.
- `SEND` позволяет задать имя функции двоичного вывода, а значение `NONE` удаляет ссылку на такую функцию. Менять это свойство разрешено только суперпользователям.
- `TYPMOD_IN` позволяет задать имя функции, предназначенной для ввода модификатора типа, а значение `NONE` удаляет ссылку на такую функцию. Менять это свойство разрешено только суперпользователям.
- `TYPMOD_OUT` позволяет задать имя функции, предназначенной для вывода модификатора типа, а значение `NONE` удаляет ссылку на такую функцию. Менять это свойство разрешено только суперпользователям.
- `ANALYZE` позволяет задать имя функции сбора статистики для этого типа, а значение `NONE` удаляет ссылку на такую функцию. Менять это свойство разрешено только суперпользователям.
- `STORAGE`может принимать значения `plain`, `extended`, `external` и `main` (их описание можно найти в Разделе 69.2). При этом менять вариант `plain` на какой-либо другой разрешено только суперпользователям (так как для этого требуется, чтобы функции, реализующие тип на C, поддерживали TOAST), а сменить любое другое значение на `plain` не разрешается вовсе (так как значения этого типа в базе могут уже храниться в виде TOAST). Заметьте, что изменение этого свойства само по себе не влияет на сохранённые данные, оно меняет только стратегию TOAST по умолчанию, которая будет использоваться для столбцов, создаваемых в будущем. Изменить стратегию TOAST для существующих столбцов позволяет команда ALTER TABLE.

Более подробно эти свойства типов описаны в CREATE TYPE. Заметьте, что везде, где применимо, изменения свойств базового типа будут автоматически отражаться в основанных на этом типе доменах.

Операции `ADD ATTRIBUTE`, `DROP ATTRIBUTE` и `ALTER ATTRIBUTE` можно объединить в один список множественных изменений для параллельного выполнения. Например, в одной команде можно добавить сразу несколько атрибутов и/или изменить тип нескольких атрибутов.

Выполнить `ALTER TYPE` может только владелец соответствующего типа. Чтобы сменить схему типа, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме типа. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать тип. Однако суперпользователь может сменить владельца типа в любом случае.) Чтобы добавить атрибут или изменить его тип, также требуется иметь право `USAGE` для типа атрибута.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего типа, подлежащего изменению.

новое_имя

Новое имя типа.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем типа.

новая_схема

Новая схема типа.

имя_атрибута

Имя атрибута, подлежащего добавлению, изменению или удалению.

новое_имя_атрибута

Новое имя атрибута

тип_данных

Тип данных добавляемого атрибута, либо новый тип данных изменяемого атрибута.

новое_значение_перечисления

Новое значение добавляется в список значений перечисления или для существующего значения задаётся новое имя. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

соседнее_значение_перечисления

Существующие значение в перечислении, непосредственно перед или после которого по порядку перечисления будет добавлено новое значение. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

существующее_значение_перечисления

Существующее значение в перечислении, которое будет переименовано. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

свойство

Имя изменяемого свойства базового типа; возможные значения перечислены выше.

`CASCADE`

Автоматически распространять действие операции на типизированные таблицы, имеющий данный тип, и их потомки.

`RESTRICT`

Отказать в выполнении операции, если изменяемый тип является типом типизированной таблицы. Это поведение по умолчанию.

Примечания

Если `ALTER TYPE ... ADD VALUE` (форма, добавляющая в тип-перечисление новое значение) выполняется внутри блока транзакции, новое значение нельзя будет использовать до фиксирования транзакции.

Сравнения с добавленными значениями перечисления иногда бывают медленнее сравнений, в которых задействуются только начальные члены типа-перечисления. Обычно это происходит, только если `BEFORE` или `AFTER` устанавливает порядок нового элемента не в конце списка. Однако иногда это наблюдается даже тогда, когда новое значение добавляется в конец списка (это происходит, если счётчик OID «прокручивается» с момента изначального создания типа-перечисления). Это замедление обычно несущественное, но если это важно, вернуть максимальную производительность можно, удалив и создав заново это перечисление, либо выгрузив копию базы данных и загрузив её вновь.

Примеры

Переименование типа данных:

```
ALTER TYPE electronic_mail RENAME TO email;
```

Смена владельца типа `email` на `joe`:

```
ALTER TYPE email OWNER TO joe;
```

Смена схемы типа `email` на `customers`:

```
ALTER TYPE email SET SCHEMA customers;
```

Добавление нового атрибута в составной тип:

```
ALTER TYPE compfoo ADD ATTRIBUTE f3 int;
```

Добавление нового значения в тип-перечисление, в определённое положение по порядку:

```
ALTER TYPE colors ADD VALUE 'orange' AFTER 'red';
```

Переименование значения в перечислении:

```
ALTER TYPE colors RENAME VALUE 'purple' TO 'mauve';
```

Создание функций двоичного ввода/вывода для существующего базового типа:

```
CREATE FUNCTION mytypesend(mytype) RETURNS bytea ...;
CREATE FUNCTION mytyperecv(internal, oid, integer) RETURNS mytype ...;
ALTER TYPE mytype SET (
    SEND = mytypesend,
    RECEIVE = mytyperecv
);
```

Совместимость

Формы команды, предназначенные для добавления и удаления атрибутов, являются частью стандарта SQL; другие формы относятся к расширениям PostgreSQL.

См. также

CREATE TYPE, DROP TYPE

ALTER USER

ALTER USER — изменить роль в базе данных

Синтаксис

```
ALTER USER указание_роли [ WITH ] параметр [ ... ]

Здесь параметр:

      SUPERUSER | NOSUPERUSER
    | CREATEDB | NOCREATEDB
    | CREATEROLE | NOCREATEROLE
    | INHERIT | NOINHERIT
    | LOGIN | NOLOGIN
    | REPLICATION | NOREPLICATION
    | BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
    | CONNECTION LIMIT предел_подключений
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль' | PASSWORD NULL
    | VALID UNTIL 'дата_время'

ALTER USER имя RENAME TO новое_имя

ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
 { TO | = } { значение | DEFAULT }
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
 FROM CURRENT
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET параметр_конфигурации
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET ALL

Здесь указание_роли:

    имя_роли
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER
```

Описание

Оператор `ALTER USER` теперь стал синонимом оператора ALTER ROLE.

Совместимость

Оператор `ALTER USER` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

ALTER ROLE

ALTER USER MAPPING

ALTER USER MAPPING — изменить определение сопоставления пользователей

Синтаксис

```
ALTER USER MAPPING FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER | SESSION_USER |
 PUBLIC }
    SERVER имя_сервера
    OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] )
```

Описание

`ALTER USER MAPPING` изменяет определение сопоставления пользователей.

Владелец стороннего сервера может изменить сопоставление любых пользователей на этом сервере. Кроме того, пользователь может изменить сопоставление для своего собственного имени пользователя, если он наделён правом `USAGE` на данном сервере.

Параметры

имя_пользователя

Имя пользователя для сопоставления. Значения `CURRENT_USER` и `USER` соответствуют имени текущего пользователя. Значение `PUBLIC` соответствует именам всех текущих и будущих пользователей системы.

имя_сервера

Имя сервера, для которого меняется сопоставление пользователей.

`OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] )`

Эти формы меняют параметры сопоставления пользователей. Новые параметры переопределяют любые определённые ранее. Возможные операции с параметрами: `ADD` (добавить), `SET` (установить) и `DROP` (удалить). По умолчанию подразумевается `ADD`. Имена параметров должны быть уникальными; кроме того, они проверяются обёрткой сторонних данных.

Примеры

Изменение пароля в сопоставлении пользователя `bob` на сервере `foo`:

```
ALTER USER MAPPING FOR bob SERVER foo OPTIONS (SET password 'public');
```

Совместимость

`ALTER USER MAPPING` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Однако есть небольшое синтаксическое различие: в стандарте ключевое слово `FOR` опускается. Но так как и в `CREATE USER MAPPING`, и в `DROP USER MAPPING` слово `FOR` находится в аналогичных позициях, а IBM DB2 (ещё одна популярная реализация SQL/MED) требует его и для `ALTER USER MAPPING`, PostgreSQL в этом аспекте отклоняется от стандарта ради согласованности и совместимости.

См. также

CREATE USER MAPPING, DROP USER MAPPING

ALTER VIEW

ALTER VIEW — изменить определение представления

Синтаксис

```
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя SET ( имя_параметра_представления
 [= значение_параметра_представления] [, ... ] )
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя RESET ( имя_параметра_представления [, ... ] )
```

Описание

`ALTER VIEW` изменяет различные дополнительные свойства представления. (Для изменения запроса, определяющего представление, используйте команду `CREATE OR REPLACE VIEW`.)

Выполнить `ALTER VIEW` может только владелец представления. Чтобы сменить схему представления, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме представления. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать представление. Однако суперпользователь может сменить владельца представления в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя существующего столбца.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`SET`/`DROP DEFAULT`

Эти формы устанавливают или удаляют значение по умолчанию в заданном столбце. Значение по умолчанию подставляется в команды `INSERT` и `UPDATE`, вносящие данные в представление, до применения каких-либо правил или триггеров в этом представлении. Таким образом, значения по умолчанию в представлении имеют приоритет перед значениями по умолчанию в нижележащих отношениях.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем представления.

новое_имя

Новое имя представления.

новая_схема

Новая схема представления.

SET (*имя_параметра_представления* [= *значение_параметра_представления*] [, ...])
RESET (*имя_параметра_представления* [, ...])

Устанавливает или сбрасывает параметры представления. В настоящее время поддерживаются параметры:

check_option (enum)

Изменяет параметр проверки представления. Допустимые значения: local (локальная) или cascaded (каскадная).

security_barrier (boolean)

Изменяет свойство представления, включающее барьер безопасности. Значение должно быть логическим: true или false.

Примечания

По историческим причинам команду ALTER TABLE можно использовать и с представлениями; но единственно допустимые для работы с представлениями вариации ALTER TABLE равносильны вышеперечисленным командам.

Примеры

Переименование представления foo в bar:

```
ALTER VIEW foo RENAME TO bar;
```

Добавление значения столбца по умолчанию в изменяемое представление:

```
CREATE TABLE base_table (id int, ts timestamptz);
CREATE VIEW a_view AS SELECT * FROM base_table;
ALTER VIEW a_view ALTER COLUMN ts SET DEFAULT now();
INSERT INTO base_table(id) VALUES(1);  -- в ts окажется значение NULL
INSERT INTO a_view(id) VALUES(2);  -- в ts окажется текущее время
```

Совместимость

ALTER VIEW — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

CREATE VIEW, DROP VIEW

ANALYZE

ANALYZE — собрать статистику по базе данных

Синтаксис

```
ANALYZE [ ( параметр [, ...] ) ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]
ANALYZE [ VERBOSE ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]

Здесь допускается параметр:

    VERBOSE [ boolean ]
    SKIP_LOCKED [ boolean ]

и таблица_и_столбцы:

    имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
```

Описание

`ANALYZE` собирает статистическую информацию о содержимом таблиц в базе данных и сохраняет результаты в системном каталоге `pg_statistic`. Впоследствии планировщик запросов будет использовать эту статистику для выбора наиболее эффективных планов выполнения запросов.

Без списка *таблица_и_столбцы* команда `ANALYZE` обрабатывает все таблицы и материализованные представления в текущей базе данных, на анализ которых текущий пользователь имеет право. Со списком `ANALYZE` обрабатывает только указанные в нём таблицы. Дополнительно можно задать для таблицы список имён столбцов, в этом случае статистика будет собираться только по этим столбцам.

Когда список параметров заключается в скобки, параметры могут быть записаны в любом порядке. Синтаксис со скобками появился в PostgreSQL 11; вариант записи без скобок считается устаревшим.

Параметры

`VERBOSE`

Включает вывод сообщений о процессе выполнения.

`SKIP_LOCKED`

Указывает, что команда `ANALYZE` не должна ждать освобождения конфликтующих блокировок, начиная обработку отношения: если отношение не удаётся заблокировать сразу, без ожидания, оно пропускается. Заметьте, что даже с этим указанием `ANALYZE` может заблокироваться, открывая индексы отношения или получая выборку строк из секций, потомков в иерархии наследования или некоторых видов сторонних таблиц. Учтите также, что при наличии конфликтующей блокировки в секционированной таблице команда `ANALYZE` пропускает все её секции, тогда как обычно все они обрабатываются.

boolean

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать `TRUE`, `ON` или `1`, а для отключения — `FALSE`, `OFF` или `0`. Значение *boolean* можно опустить, в этом случае подразумевается `TRUE`.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) определённой таблицы, подлежащей анализу. Если опущено, анализироваться будут все обычные и секционированные таблицы, а также материализованные представления в текущей базе данных (но не сторонние таблицы). Если задано имя секционированной таблицы, обновлена будет как статистика наследования для этой таблицы, так и статистика отдельных её секций.

имя_столбца

Имя столбца, подлежащего анализу. По умолчанию анализируются все столбцы.

Выводимая информация

С указанием `VERBOSE` команда `ANALYZE` выдаёт сообщения о процессе анализа, отмечая текущую обрабатываемую таблицу. Также она выводит различные статистические сведения о таблицах.

Примечания

Чтобы осуществить анализ таблицы, обычно нужно быть владельцем этой таблицы или суперпользователем. Однако владельцам баз данных также разрешено выполнять анализ всех таблиц в своих базах, за исключением общих каталогов. (Ограничение в отношении общих каталогов означает, что действительно глобальную команду `ANALYZE` может выполнить только суперпользователь.) `ANALYZE` при обработке пропускает все таблицы, на очистку которых текущий пользователь не имеет прав.

Сторонние таблицы анализируются только при явном указании и только если соответствующая обёртка сторонних данных поддерживает команду `ANALYZE`. Если эта команда не поддерживается, при выполнении `ANALYZE` выводится предупреждение и больше ничего не происходит.

В стандартной конфигурации PostgreSQL работающий демон автоочистки (см. Подраздел 24.1.6) запускает анализ таблиц автоматически, когда они изначально заполняются данными, и периодически, по мере того, как они меняются. Если автоочистка отключена, рекомендуется запускать `ANALYZE` время от времени, либо после кардинальных изменений в таблице. Точная статистика помогает планировщику выбрать наиболее эффективный план запроса и тем самым увеличивает скорость выполнения запроса. Обычно для баз, где данные в основном читаются, выполняют VACUUM и `ANALYZE` раз в день, во время наименьшей активности. (Этого будет недостаточно, если данные меняются очень активно.)

`ANALYZE` запрашивает для целевой таблицы блокировку только на чтение, так что эта команда может выполняться параллельно с другими операциями с таблицей.

Статистика, собираемая командой `ANALYZE`, обычно включает список из нескольких самых частых значений в каждом столбце и гистограмму, отражающую примерное распределение данных во всех столбцах. Один или оба этих элемента статистики могут быть опущены, если `ANALYZE` сочтёт их неинтересными (например, в столбце уникального ключа нет повторяющихся значений), либо если тип данных столбца не поддерживает соответствующие операторы. Более подробно статистика описывается в Главе 24.

В больших таблицах `ANALYZE` не просматривает все строки, а обрабатывает только небольшую случайную выборку. Это позволяет проанализировать за короткое время даже очень большие таблицы. Однако учтите, что такая статистика будет лишь приблизительной и может немного меняться при каждом выполнении `ANALYZE`, даже если фактическое содержимое таблицы остаётся неизменным. Это может приводить к небольшим изменениям в оценках стоимости запросов, выводимых командой EXPLAIN. В редких случаях вследствие этой недетерменированности планировщик меняет свой выбор после выполнения `ANALYZE`. Чтобы избежать этого, увеличьте объём статистики, собираемой командой `ANALYZE`, как описано ниже.

Количеством статистики можно управлять, настраивая конфигурационную переменную default_statistics_target или устанавливая ориентир статистики на уровне столбцов командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN ... SET STATISTICS` (см. ALTER TABLE). Ориентир задаёт максимальное число записей в списке наиболее распространённых значений и максимальное число интервалов в гистограмме. По умолчанию значение ориентира равно 100, но его можно увеличить или уменьшить в поисках баланса между точностью оценок планировщика и временем, требующимся для выполнения `ANALYZE`, а также объёмом статистики в таблице `pg_statistic`. Если установить ориентир статистики равным нулю, статистика по таким столбцам собираться не будет. Это может быть полезно для столбцов, которые никогда не фигурируют в предложениях `WHERE`, `GROUP BY` и `ORDER BY`, так как планировщик никогда не будет использовать их статистику.

Число строк таблицы, выбираемых для подготовки статистики, определяется наибольшим ориентиром статистики по всем анализируемым столбцам этой таблицы. Увеличение ориентира приводит к пропорциональному увеличению времени и пространства, требуемого для выполнения `ANALYZE`.

Одним из показателей, оцениваемых командой `ANALYZE`, является число различных значений, встречающихся в каждом столбце. Так как рассматривается только подмножество всех строк, эта оценка иногда может быть весьма неточной, даже при самых больших ориентирах статистики. Если эта неточность приводит к плохому выбору плана запроса, более точное значение можно определить вручную и затем задать его командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN ... SET (n_distinct = ...)` (см. ALTER TABLE).

Если у анализируемой таблицы есть потомки, `ANALYZE` соберёт два набора статистик: один по строкам только родительской таблицы, а второй по строкам родительской и всех дочерних таблиц. Второй набор статистики необходим для планирования запросов, обращающихся к дереву наследования как одному целому. Сами дочерние таблицы в этом случае отдельно не анализируются. Демон автоочистки, однако, принимая решение об автоматическом запуске анализа, будет учитывать операции добавления или изменения данных только в самой родительской таблице. Если именно в этой таблице изменение и добавление происходят редко, наследуемая статистика может терять актуальность, если не запускать `ANALYZE` вручную.

Для секционированных таблиц `ANALYZE` собирает статистику, обрабатывая выборки строки из всех секций, а также рекурсивно обновляет статистику во всех секциях. Даже в многоуровневой иерархии секционирования каждая конечная секция анализируется только один раз. Отдельно для родительских таблиц (без рассмотрения данных их секций) статистика не собирается, так как секционирование гарантирует, что они пустые.

Процесс автоочистки не затрагивает секционированные таблицы и родительские таблицы в иерархии наследования, если изменения происходят только в дочерних таблицах. Поэтому, чтобы статистика всей иерархии наследования была актуальной, обычно необходимо периодически выполнять `ANALYZE` вручную.

Если какие-либо из дочерних таблиц или секций являются сторонними таблицами и их обёртки сторонних данных не поддерживают `ANALYZE`, эти дочерние таблицы игнорируются при сборе статистики наследования.

Если анализируемая таблица оказалась пустой, `ANALYZE` не будет обновлять статистику по этой таблице; в базе сохранится статистика, собранная ранее.

Совместимость

Оператор `ANALYZE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

VACUUM, vacuumdb, Подраздел 19.4.4, Подраздел 24.1.6

BEGIN

BEGIN — начать блок транзакции

Синтаксис

```
BEGIN [ WORK | TRANSACTION ] [ режим_транзакции [, ...] ]

Где режим_транзакции может быть следующим:

    ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ
 UNCOMMITTED }
    READ WRITE | READ ONLY
    [ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

`BEGIN` начинает блок транзакции, то есть обозначает, что все операторы после команды `BEGIN` и до явной команды COMMIT или ROLLBACK будут выполняться в одной транзакции. По умолчанию (без `BEGIN`) PostgreSQL выполняет транзакции в режиме «autocommit» (автофиксация), то есть каждый оператор выполняется в своей отдельной транзакции, которая неявно фиксируется в конце оператора (если оператор был выполнен успешно; в противном случае транзакция откатывается).

В блоке транзакции операторы выполняются быстрее, так как для запуска/фиксации транзакции производится масса операций, нагружающих процессор и диск. Кроме того, выполнение нескольких операторов в одной транзакции позволяет обеспечить целостность при внесении серии связанных изменений; другие сеансы не видят промежуточное состояние, когда произошли ещё не все связанные изменения.

Если указан уровень изоляции, режим чтения/записи или устанавливается отложенный режим, новая транзакция получает те же характеристики, что и после выполнения SET TRANSACTION.

Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

За описанием других параметров обратитесь к SET TRANSACTION.

Примечания

START TRANSACTION делает то же, что и `BEGIN`.

Для завершения блока транзакции используйте COMMIT или ROLLBACK.

При попытке выполнить `BEGIN` внутри уже начатого блока транзакции будет выдано предупреждение, а состояние транзакции не изменится. Для вложения подтранзакций внутри блока транзакций используйте точки сохранения (см. SAVEPOINT).

Для сохранения обратной совместимости допускается перечисление *режимов_транзакции* без запятых.

Примеры

Начало блока транзакции:

```
BEGIN;
```

Совместимость

`BEGIN` — это языковое расширение PostgreSQL. Эта команда равнозначна соответствующей стандарту SQL команде START TRANSACTION, на справочной странице которой можно найти дополнительные сведения о совместимости.

Значение `DEFERRABLE` параметра *режим_транзакции* является языковым расширением PostgreSQL.

По стечению обстоятельств ключевое слово `BEGIN` имеет другое значение во встраиваемом SQL, поэтому при портировании приложений баз данных рекомендуется внимательно сверить семантику транзакций.

См. также

COMMIT, ROLLBACK, START TRANSACTION, SAVEPOINT

CALL

CALL — вызвать процедуру

Синтаксис

```
CALL имя ( [ аргумент ] [, ...] )
```

Описание

`CALL` вызывает процедуру.

Если у процедуры есть выходные параметры, возвращается строка результата, содержащая значения этих параметров.

Параметры

имя

Имя процедуры (возможно, дополненное схемой).

аргумент

Входной аргумент вызова процедуры. Подробнее синтаксис вызова процедур и функций, а также использование именованных параметров описывается в Разделе 4.3.

Примечания

Чтобы вызывать процедуру, пользователь должен иметь право `EXECUTE` для неё.

Для вызова функции (не процедуры) следует использовать `SELECT`.

Если `CALL` выполняется в блоке транзакции, вызываемая процедура не может выполнять операторы управления транзакциями. Такие операторы допускаются, только если `CALL` выполняется в собственной транзакции.

Выходные параметры команд `CALL` в PL/pgSQL обрабатываются по-другому; см. Подраздел 42.6.3.

Примеры

```
CALL do_db_maintenance();
```

Совместимость

Команда `CALL` соответствует стандарту SQL.

См. также

CREATE PROCEDURE

CHECKPOINT

CHECKPOINT — произвести контрольную точку в журнале предзаписи

Синтаксис

```
CHECKPOINT
```

Описание

Контрольная точка — это момент в последовательности событий в журнале предзаписи, когда все файлы данных приводятся в актуальное состояние, соответствующее информации в журнале. При этом все файлы данных сохраняются на диск. Более подробно о том, что происходит во время контрольной точки, можно узнать в Разделе 29.4.

Команда `CHECKPOINT` приводит к принудительному выполнению контрольной точки в момент вызова, не дожидаясь периодической контрольной точки, производимой системой по графику (это настраивается параметрами в Подраздел 19.5.2). Команда `CHECKPOINT` не предназначена для применения при обычном использовании базы данных.

Если `CHECKPOINT` выполняется в процессе восстановления, вместо записи новой контрольной точки производится точка перезапуска (см. Раздел 29.4).

Выполнять `CHECKPOINT` могут только суперпользователи.

Совместимость

Команда `CHECKPOINT` является языковым расширением PostgreSQL.

CLOSE

CLOSE — закрыть курсор

Синтаксис

```
CLOSE { имя | ALL }
```

Описание

`CLOSE` освобождает ресурсы, связанные с открытым курсором. Когда курсор закрыт, никакие операции с ним невозможны. Закрывать курсор следует, когда он становится ненужным.

Все не удерживаемые открытые курсоры закрываются неявно при завершении транзакции командами `COMMIT` или `ROLLBACK`. Удерживаемый курсор закрывается неявно, если транзакция, его создавшая, прерывается командой `ROLLBACK`. Если создавшая его транзакция завершается успешной фиксацией, удерживаемый курсор остаётся открытым до явного вызова команды `CLOSE` или отключения клиента.

Параметры

`имя`

Имя открытого курсора, который будет закрыт.

`ALL`

Закрывает все открытые курсоры.

Примечания

В PostgreSQL нет явной команды `OPEN` для курсора; курсор считается открытым при объявлении. Чтобы объявить курсор, используйте оператор DECLARE.

Получить список всех доступных курсоров можно, обратившись к системному представлению `pg_cursors`.

Если курсор был закрыт после точки сохранения, а затем произошёл откат к этой точке, действие команды `CLOSE` не отменяется; то есть курсор остаётся закрытым.

Примеры

Следующая команда закрывает курсор `liahona`:

```
CLOSE liahona;
```

Совместимость

Оператор `CLOSE` полностью соответствует стандарту SQL. `CLOSE ALL` является расширением PostgreSQL.

См. также

DECLARE, FETCH, MOVE

CLUSTER

CLUSTER — кластеризовать таблицу согласно индексу

Синтаксис

```
CLUSTER [VERBOSE] имя_таблицы [ USING имя_индекса ]
CLUSTER [VERBOSE]
```

Описание

Оператор `CLUSTER` указывает PostgreSQL кластеризовать таблицу, заданную параметром *имя_таблицы*, согласно индексу, заданному параметром *имя_индекса*. Указанный индекс уже должен быть определён в таблице *имя_таблицы*.

В результате кластеризации таблицы её содержимое физически переупорядочивается в зависимости от индекса. Кластеризация является одноразовой операцией: последующие изменения в таблице нарушают порядок кластеризации. Другими словами, система не пытается автоматически сохранять порядок новых или изменённых строк в соответствии с индексом. (Если такое желание возникает, можно периодически повторять кластеризацию, выполняя команду снова. Кроме того, если для заданной таблицы установить параметр `FILLFACTOR` меньше 100%, это может помочь сохранить порядок кластеризации при изменениях, так как изменяемые строки будут помещаться в ту же страницу, если в ней достаточно места.)

Когда таблица кластеризована, PostgreSQL запоминает, по какому именно индексу. Форма `CLUSTER` *имя_таблицы* повторно кластеризует таблицу по тому же индексу. Для установки индекса, который будет использоваться для будущих операций кластеризации, или очистки предыдущего значения можно также применить команду `CLUSTER` или формы `SET WITHOUT CLUSTER` команды ALTER TABLE.

`CLUSTER` без параметров повторно кластеризует все ранее кластеризованные таблицы в текущей базе данных, принадлежащие пользователю, вызывающему команду, или все такие таблицы, если её вызывает суперпользователь. Эту форму `CLUSTER` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

В процессе кластеризации таблицы для неё запрашивается блокировка `ACCESS EXCLUSIVE`. Это препятствует выполнению всех других операций (чтению и записи) с таблицей до завершения `CLUSTER`.

Параметры

имя_таблицы

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_индекса

Имя индекса.

`VERBOSE`

Выводит отчёт о процессе кластеризации по мере обработки таблиц.

Примечания

В случаях, когда происходит обращение к случайным единичным строкам таблицы, фактический порядок данных в этой таблице не важен. Но если обращения к одним данным происходят чаще, чем к другим, и есть индекс, который собирает их вместе, применение команды `CLUSTER` может быть полезным. Например, когда из таблицы запрашивается диапазон индексированных значений, либо одно индексированное значение, которому соответствуют несколько строк, `CLUSTER` может помочь, так как страница таблицы, найденная по индексу для первой искомой строки, скорее всего, будет содержать и все остальные искомые строки. Таким образом, кластеризация помогает соптимизировать обращения к диску и ускорить запросы.

`CLUSTER` может переупорядочить таблицу, выполнив либо сканирование указанного индекса, либо (для индексов-B-деревьев) последовательное сканирование, а затем сортировку. Наилучший по скорости вариант будет выбран, исходя из имеющейся статистической информации и параметров планировщика.

Когда выбирается сканирование индекса, создаётся временная таблица, содержащая данные целевой таблицы по порядку индекса. Также создаются копии всех индексов таблицы. Таким образом, для этой операции требуется объём дискового пространства не меньше, чем размер таблицы и индексов в сумме.

В случае выбора последовательного сканирования и сортировки создаётся ещё и временный файл для сортировки, так что пиковым требованием будет удвоенный размер таблицы плюс размер индексов. Этот метод часто быстрее, чем сканирование по индексу, но если требование к дисковому пространству неприемлемо, можно отключить его выбор, временно установив enable_sort в `off`.

Перед кластеризацией рекомендуется установить в maintenance_work_mem достаточно большое значение (но не больше, чем объём ОЗУ, который вы хотите выделить для операции `CLUSTER`).

Так как планировщик записывает статистику, связанную с порядком таблиц, для вновь кластеризуемых таблиц рекомендуется запускать ANALYZE. В противном случае планировщик может ошибиться с выбором плана запроса.

Так как `CLUSTER` запоминает, по каким индексам кластеризованы таблицы, достаточно лишь один раз вручную кластеризовать нужные таблицы, а затем настроить периодический скрипт обслуживания, который будет выполнять `CLUSTER` без параметров, с тем чтобы эти таблицы регулярно кластеризовались.

Примеры

Кластеризация таблицы `employees` согласно её индексу `employees_ind`:

```
CLUSTER employees USING employees_ind;
```

Кластеризация таблицы `employees` согласно тому же индексу, что был использован ранее:

```
CLUSTER employees;
```

Кластеризация всех таблиц в базе данных, что были кластеризованы ранее:

```
CLUSTER;
```

Совместимость

Оператор `CLUSTER` отсутствует в стандарте SQL.

Синтаксис

```
CLUSTER имя_индекса ON имя_таблицы
```

так же является допустимым для совместимости с PostgreSQL до версии 8.3.

См. также

clusterdb

COMMENT

COMMENT — задать или изменить комментарий объекта

Синтаксис

```
COMMENT ON
{
  ACCESS METHOD имя_объекта |
  AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |
  CAST (исходный_тип AS целевой_тип) |
  COLLATION имя_объекта |
  COLUMN имя_отношения.имя_столбца |
  CONSTRAINT имя_ограничения ON имя_таблицы |
  CONSTRAINT имя_ограничения ON DOMAIN имя_домена |
  CONVERSION имя_объекта |
  DATABASE имя_объекта |
  DOMAIN имя_объекта |
  EXTENSION имя_объекта |
  EVENT TRIGGER имя_объекта |
  FOREIGN DATA WRAPPER имя_объекта |
  FOREIGN TABLE имя_объекта |
  FUNCTION имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  INDEX имя_объекта |
  LARGE OBJECT oid_большого_объекта |
  MATERIALIZED VIEW имя_объекта |
  OPERATOR имя_оператора (тип_слева, тип_справа) |
  OPERATOR CLASS имя_объекта USING индексный_метод |
  OPERATOR FAMILY имя_объекта USING индексный_метод |
  POLICY имя_политики ON имя_таблицы |
  [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |
  PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  PUBLICATION имя_объекта |
  ROLE имя_объекта |
  ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  RULE имя_правила ON имя_таблицы |
  SCHEMA имя_объекта |
  SEQUENCE имя_объекта |
  SERVER имя_объекта |
  STATISTICS имя_объекта |
  SUBSCRIPTION имя_объекта |
  TABLE имя_объекта |
  TABLESPACE имя_объекта |
  TEXT SEARCH CONFIGURATION имя_объекта |
  TEXT SEARCH DICTIONARY имя_объекта |
  TEXT SEARCH PARSER имя_объекта |
  TEXT SEARCH TEMPLATE имя_объекта |
  TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка |
  TRIGGER имя_триггера ON имя_таблицы |
  TYPE имя_объекта |
  VIEW имя_объекта
} IS { строковая_константа | NULL }

Здесь сигнатура_агр_функции:
```

```
* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
 [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

`COMMENT` сохраняет комментарий об объекте базы данных.

Для каждого объекта сохраняется только одна строка, так что для изменения комментария нужно просто выполнить `COMMENT` ещё раз для того же объекта. Чтобы удалить комментарий, вместо текстовой строки укажите `NULL`. При удалении объектов комментарии удаляются автоматически.

Для целевого объекта запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

Для большинства типов объектов комментарий может установить только владелец объекта. Но так как роли не имеют владельцев, `COMMENT ON ROLE` для ролей суперпользователей разрешено выполнять только суперпользователям, а для обычных ролей — тем, кто имеет право `CREATEROLE`. Так же не имеют владельцев и методы доступа; чтобы добавить комментарий для метода доступа, нужно быть суперпользователем. Разумеется, суперпользователи могут задавать комментарии для любых объектов.

Просмотреть комментарии можно в psql, используя семейство команд `\d`. Имеется возможность получать комментарии и в других пользовательских интерфейсах, используя те же встроенные функции, что использует psql, а именно `obj_description`, `col_description` и `shobj_description` (см. Таблицу 9.73).

Параметры

имя_объекта
имя_отношения.имя_столбца
имя_агрегатной_функции
имя_ограничения
имя_функции
имя_оператора
имя_политики
имя_процедуры
имя_подпрограммы
имя_правила
имя_триггера

Имя объекта, для которого задаётся комментарий. Имена таблиц, агрегатных функций, правил сортировки, перекодировок, доменов, сторонних таблиц, функций, индексов, операторов, классов и семейств операторов, процедур, последовательностей, подпрограмм, объектов текстового поиска и статистики, типов и представлений могут быть дополнены именем схемы. При определении комментария для столбца, *имя_отношения* должно ссылаться на таблицу, представление, составной тип или стороннюю таблицу.

имя_таблицы
имя_домена

При создании комментария для ограничения, триггера, правила или политики эти параметры задают имя таблицы или домена, к которым относится этот объект.

исходный_тип

Имя исходного типа данных для приведения.

целевой_тип

Имя целевого типа данных для приведения.

режим_аргумента

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Заметьте, что COMMENT не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Заметьте, что на самом деле COMMENT не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

oid_большого_объекта

OID большого объекта.

тип_слева
тип_справа

Тип данных аргументов оператора (возможно, дополненный именем схемы). В случае отсутствия аргумента префиксного или постфиксного оператора укажите вместо типа NONE.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

строковая_константа

Содержание нового комментария, записанное в виде строковой константы.

NULL

Укажите NULL для удаления комментария.

Примечания

В настоящее время механизм безопасности в части просмотра комментариев отсутствует: любой пользователь, подключённый к базе данных, может видеть все комментарии всех объектов базы. Для общих объектов, таких как базы данных, роли и табличные пространства, комментарии хранятся глобально, так что их может видеть любой пользователь, подключённый к любой базе данных в кластере. Поэтому ничего секретного писать в комментариях не следует.

Примеры

Добавление комментария для таблицы mytable:

```
COMMENT ON TABLE mytable IS 'Это моя таблица.';
```

Удаление его:

```
COMMENT ON TABLE mytable IS NULL;
```

Ещё несколько примеров:

```
COMMENT ON ACCESS METHOD gin IS 'Метод доступа для индекса GIN';
COMMENT ON AGGREGATE my_aggregate (double precision) IS 'Вычисляет дисперсию выборки';
COMMENT ON CAST (text AS int4) IS 'Выполняет приведение строк к int4';
COMMENT ON COLLATION "fr_CA" IS 'Канадский французский';
COMMENT ON COLUMN my_table.my_column IS 'Порядковый номер сотрудника';
COMMENT ON CONVERSION my_conv IS 'Перекодировка в UTF-8';
COMMENT ON CONSTRAINT bar_col_cons ON bar IS 'Ограничение столбца col';
COMMENT ON CONSTRAINT dom_col_constr ON DOMAIN dom IS 'Ограничение для домена';
COMMENT ON DATABASE my_database IS 'База данных разработчиков';
COMMENT ON DOMAIN my_domain IS 'Домен почтового адреса';
COMMENT ON EVENT TRIGGER abort_ddl IS 'Прерывает все команды DDL';
COMMENT ON EXTENSION hstore IS 'Реализует тип данных hstore';
COMMENT ON FOREIGN DATA WRAPPER mywrapper IS 'Моя обёртка сторонних данных';
COMMENT ON FOREIGN TABLE my_foreign_table IS 'Информация о сотрудниках в другой БД';
COMMENT ON FUNCTION my_function (timestamp) IS 'Возвращает число римскими цифрами';
COMMENT ON INDEX my_index IS 'Обеспечивает уникальность по коду сотрудника';
COMMENT ON LANGUAGE plpython IS 'Поддержка Python для хранимых процедур';
COMMENT ON LARGE OBJECT 346344 IS 'Документ планирования';
COMMENT ON MATERIALIZED VIEW my_matview IS 'Сводка истории заказов';
COMMENT ON OPERATOR ^ (text, text) IS 'Вычисляет пересечение двух текстов';
COMMENT ON OPERATOR - (NONE, integer) IS 'Унарный минус';
COMMENT ON OPERATOR CLASS int4ops USING btree IS 'Операторы для четырёхбайтовых целых
 (для B-деревьев)';
COMMENT ON OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree IS 'Все целочисленные операторы (для
 B-деревьев)';
COMMENT ON POLICY my_policy ON mytable IS 'Фильтр строк по пользователям';
COMMENT ON PROCEDURE my_proc (integer, integer) IS 'Строит отчёт';
COMMENT ON PUBLICATION alltables IS 'Публикует все операции во всех таблицах';
COMMENT ON ROLE my_role IS 'Административная группа для таблиц бухгалтерии';
COMMENT ON ROUTINE my_routine (integer, integer) IS 'Выполняет подпрограмму (функцию
 или процедуру)';
COMMENT ON RULE my_rule ON my_table IS 'Протоколирует изменения в записях сотрудников';
COMMENT ON SCHEMA my_schema IS 'Данные отдела';
COMMENT ON SEQUENCE my_sequence IS 'Предназначена для генерации первичных ключей';
COMMENT ON SERVER myserver IS 'Мой сторонний сервер';
COMMENT ON STATISTICS my_statistics IS 'Улучшает оценку числа строк для планировщика';
COMMENT ON SUBSCRIPTION alltables IS 'Подписка на все операции во всех таблицах';
COMMENT ON TABLE my_schema.my_table IS 'Данные сотрудников';
COMMENT ON TABLESPACE my_tablespace IS 'Табличное пространство для индексов';
COMMENT ON TEXT SEARCH CONFIGURATION my_config IS 'Фильтрация специальных слов';
COMMENT ON TEXT SEARCH DICTIONARY swedish IS 'Стеммер Snowball для шведского языка';
COMMENT ON TEXT SEARCH PARSER my_parser IS 'Разделяет текст на слова';
COMMENT ON TEXT SEARCH TEMPLATE snowball IS 'Стеммер Snowball';
COMMENT ON TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu IS 'Трансформирует данные из hstore
 в словарь Python';
COMMENT ON TRIGGER my_trigger ON my_table IS 'Обеспечивает ссылочную целостность';
COMMENT ON TYPE complex IS 'Тип данных комплексных чисел';
COMMENT ON VIEW my_view IS 'Представление расходов по отделам';
```

Совместимость

Оператор COMMENT отсутствует в стандарте SQL.

COMMIT

COMMIT — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
COMMIT [ WORK | TRANSACTION ] [ AND [ NO ] CHAIN ]
```

Описание

`COMMIT` фиксирует текущую транзакцию. Все изменения, произведённые транзакцией, становятся видимыми для других и гарантированно сохранятся в случае сбоя.

Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

`AND CHAIN`

Если добавляется указание `AND CHAIN`, сразу после окончания текущей транзакции начинается новая с такими же характеристиками транзакции (см. SET TRANSACTION). В противном случае новая транзакция не начинается.

Примечания

Для прерывания транзакции используйте ROLLBACK.

При попытке выполнить `COMMIT` вне транзакции ничего не произойдёт, но будет выдано предупреждение. Однако `COMMIT AND CHAIN` вне транзакции вызовет ошибку.

Примеры

Следующая команда фиксирует текущую транзакцию и сохраняет все изменения:

```
COMMIT;
```

Совместимость

Команда `COMMIT` соответствует стандарту SQL, а форма `COMMIT TRANSACTION` является расширением PostgreSQL.

См. также

BEGIN, ROLLBACK

COMMIT PREPARED

COMMIT PREPARED — зафиксировать транзакцию, которая ранее была подготовлена для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
COMMIT PREPARED id_транзакции
```

Описание

`COMMIT PREPARED` фиксирует транзакцию, находящуюся в подготовленном состоянии.

Параметры

id_транзакции

Идентификатор транзакции, которая будет зафиксирована.

Примечания

Зафиксировать подготовленную транзакцию может либо пользователь, выполнявший её изначально, либо суперпользователь. При этом не обязательно работать в том же сеансе, где выполнялась транзакция.

Эту команду нельзя выполнить внутри блока транзакции. Подготовленная транзакция фиксируется немедленно.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении `pg_prepared_xacts`.

Примеры

Фиксация транзакции, имеющей идентификатор `foobar`:

```
COMMIT PREPARED 'foobar';
```

Совместимость

Оператор `COMMIT PREPARED` является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

PREPARE TRANSACTION, ROLLBACK PREPARED

COPY

COPY — копировать данные между файлом и таблицей

Синтаксис

```
COPY имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
    FROM { 'имя_файла' | PROGRAM 'команда' | STDIN }
    [ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]
    [ WHERE условие ]

COPY { имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ] | ( query ) }
    TO { 'имя_файла' | PROGRAM 'команда' | STDOUT }
    [ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]

Здесь допускается параметр:

    FORMAT имя_формата
    FREEZE [ boolean ]
    DELIMITER 'символ_разделитель'
    NULL 'маркер_NULL'
    HEADER [ boolean ]
    QUOTE 'символ_кавычек'
    ESCAPE 'символ_экранирования'
    FORCE_QUOTE { ( имя_столбца [, ...] ) | * }
    FORCE_NOT_NULL ( имя_столбца [, ...] )
    FORCE_NULL ( имя_столбца [, ...] )
    ENCODING 'имя_кодировки'
```

Описание

`COPY` перемещает данные между таблицами PostgreSQL и обычными файлами в файловой системе. `COPY TO` копирует содержимое таблицы *в* файл, а `COPY FROM` — *из* файла в таблицу (добавляет данные к тем, что уже содержались в таблице). `COPY TO` может также скопировать результаты запроса `SELECT`.

Если указывается список столбцов, `COPY TO` копирует в файл только данные указанных столбцов, а `COPY FROM` вставляет каждое поле из файла в соответствующий ему по порядку столбец из указанного списка. В случае отсутствия в этом списке каких-либо столбцов таблицы при `COPY FROM` они получают значения по умолчанию.

`COPY` с именем файла указывает серверу PostgreSQL читать или записывать непосредственно этот файл. Заданный файл должен быть доступен пользователю PostgreSQL (тому пользователю, от имени которого работает сервер), и путь к файлу должен задаваться с точки зрения сервера. Когда указывается параметр `PROGRAM`, сервер выполняет заданную команду и читает данные из стандартного вывода программы, либо записывает их в стандартный ввод. Команда должна определяться с точки зрения сервера и быть доступной для исполнения пользователю PostgreSQL. Когда указывается `STDIN` или `STDOUT`, данные передаются через соединение клиента с сервером.

Параметры

имя_таблицы

Имя существующей таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Необязательный список столбцов, данные которых будут копироваться. Если этот список отсутствует, копируются все столбцы таблицы, за исключением генерируемых.

query

Команда SELECT, VALUES, INSERT, UPDATE или DELETE, результаты которой будут скопированы. Заметьте, что запрос должен заключаться в скобки.

Для запросов `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` должно задаваться предложение `RETURNING` и в целевом отношении не должно быть условного правила, правила `ALSO` или правила `INSTEAD`, разворачивающегося в несколько операторов.

имя_файла

Путь входного или выходного файла. Путь входного файла может быть абсолютным или относительным, но путь выходного должен быть только абсолютным. Пользователям Windows следует использовать формат `E''` и продублировать каждую обратную черту в пути файла.

`PROGRAM`

Выполняемая команда. `COPY FROM` читает стандартный вывод команды, а `COPY TO` записывает в её стандартный ввод.

Заметьте, что команда запускается через командную оболочку, так что если требуется передать этой команде какие-либо аргументы, поступающие из недоверенного источника, необходимо аккуратно избавиться от всех спецсимволов, имеющих особое значение в оболочке, либо экранировать их. По соображениям безопасности лучше ограничиться фиксированной строкой команды или как минимум не позволять пользователям вводить в неё произвольное содержимое.

`STDIN`

Указывает, что данные будут поступать из клиентского приложения.

`STDOUT`

Указывает, что данные будут выдаваться клиентскому приложению.

boolean

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать `TRUE`, `ON` или `1`, а для отключения — `FALSE`, `OFF` или `0`. Значение *boolean* можно опустить, в этом случае подразумевается `TRUE`.

`FORMAT`

Выбирает формат чтения или записи данных: `text` (текстовый), `csv` (значения, разделённые запятыми, Comma Separated Values) или `binary` (двоичный). По умолчанию выбирается формат `text`.

`FREEZE`

Запросы копируют данные с уже замороженными строками, как после выполнения команды `VACUUM FREEZE`. Это позволяет увеличить производительность при начальном добавлении данных. Строки будут замораживаться, только если загружаемая таблица была создана или опустошена в текущей подтранзакции, с ней не связаны открытые курсоры и в данной транзакции нет других снимков. Выполнять `COPY FREEZE` с секционированной таблицей в настоящее время нельзя.

Заметьте, что все другие сеансы будут немедленно видеть данные, как только они будут успешно загружены. Это нарушает принятые правила видимости MVCC, так что пользователи, включающие этот режим, должны понимать, какие проблемы это может вызвать.

`DELIMITER`

Задаёт символ, разделяющий столбцы в строках файла. По умолчанию это символ табуляции в текстовом формате и запятая в формате `CSV`. Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Для формата `binary` этот параметр не допускается.

`NULL`

Определяет строку, задающую значение NULL. По умолчанию в текстовом формате это `\N` (обратная косая черта и N), а в формате `CSV` — пустая строка без кавычек. Пустую строку можно использовать и в текстовом формате, если не требуется различать пустые строки и NULL. Для формата `binary` этот параметр не допускается.

> **Примечание**
>
> При выполнении `COPY FROM` любые значения, совпадающие с этой строкой, сохраняются как значение NULL, так что при переносе данных важно убедиться в том, что это та же строка, что применялась в `COPY TO`.

`HEADER`

Указывает, что файл содержит строку заголовка с именами столбцов. При выводе первая строка файла будет содержать имена столбцов таблицы, а при вводе первая строка просто игнорируется. Этот параметр допускается только для формата `CSV`.

`QUOTE`

Указывает символ кавычек, используемый для заключения данных в кавычки. По умолчанию это символ двойных кавычек. Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Этот параметр поддерживается только для формата `CSV`.

`ESCAPE`

Задаёт символ, который будет выводиться перед символом данных, совпавшим со значением `QUOTE`. По умолчанию это тот же символ, что и `QUOTE` (то есть, при появлении в данных кавычек, они дублируются). Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Этот параметр допускается только для режима `CSV`.

`FORCE_QUOTE`

Принудительно заключает в кавычки все значения не `NULL` в указанных столбцах. Выводимое значение `NULL` никогда не заключается в кавычки. Если указано `*`, в кавычки будут заключаться значения не `NULL` во всех столбцах. Этот параметр принимает только команда `COPY TO` и только для формата `CSV`.

`FORCE_NOT_NULL`

Не сопоставлять значения в указанных столбцах с маркером NULL. По умолчанию, когда маркер пуст, это означает, что пустые значения будут считаны как строки нулевой длины, а не NULL, даже когда они не заключены в кавычки. Этот параметр допускается только в команде `COPY FROM` и только для формата `CSV`.

`FORCE_NULL`

Сопоставлять значения в указанных столбцах с маркером NULL, даже если они заключены в кавычки, и в случае совпадения устанавливать значение `NULL`. По умолчанию, когда этот маркер пуст, пустая строка в кавычках будет преобразовываться в NULL. Этот параметр допускается только в команде `COPY FROM` и только для формата `CSV`.

`ENCODING`

Указывает, что файл имеет кодировку *имя_кодировки*. Если этот параметр опущен, выбирается текущая кодировка клиента. Подробнее об этом говорится ниже, в примечаниях.

`WHERE`

Необязательное предложение `WHERE` имеет общую форму

```
WHERE условие
```

, где *условие* — любое выражение, выдающее результат типа `boolean`. Строки, не удовлетворяющие этому условию, добавляться в таблицу не будут. Строка удовлетворяет условию, если оно возвращает true при подстановке вместо ссылок на переменные фактических значений из этой строки.

В настоящее время выражения `WHERE` не могут включать подзапросы, а при вычислении выражений не видны изменения, которые вносит сама команда `COPY` (это играет роль, когда в них вызываются функции с характеристикой `VOLATILE`).

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `COPY` возвращает метку команды в виде

`COPY` *`число`*

Здесь *число* — количество скопированных записей.

Примечание

psql выводит эту метку, только если выполнялась не команда `COPY ... TO STDOUT` или её аналог в psql, метакоманда `\copy ... to stdout`. Это сделано для того, чтобы метка команды не смешалась с данными, выведенными перед ней.

Примечания

Команду `COPY TO` можно использовать только с простыми таблицами, не представлениями, и при этом она не копирует строки из дочерних таблиц или секций. То есть, `COPY` *`таблица`* `TO` копирует те же строки, что выдаёт запрос `SELECT * FROM ONLY` *`таблица`*. Для выгрузки всех строк представления или таблицы с учётом иерархии наследования или секционирования можно применить `COPY (SELECT * FROM` *`таблица`*`) TO ...`.

`COPY FROM` можно применять с обычными, сторонними и секционированными таблицами или представлениями, в которых установлены триггеры `INSTEAD OF INSERT`.

В таблице, данные которой читает команда `COPY TO`, требуется иметь право на выборку данных, а в таблице, куда вставляет значения `COPY FROM`, требуется право на добавление. При этом, если в команде перечисляются избранные столбцы, достаточно иметь права только для них.

Если для таблицы включена защита на уровне строк, соответствующие политики `SELECT` будут применяться и к операторам `COPY` *`таблица`* `TO`. Операторы `COPY FROM` для таблиц с защитой строк в настоящее время не поддерживаются. Вместо них следует использовать равнозначные операторы `INSERT`.

Файлы, указанные в команде `COPY`, читаются или записываются непосредственно сервером, не клиентским приложением. Поэтому они должны располагаться на сервере или быть доступными серверу, а не клиенту. Они должны быть доступны на чтение или запись пользователю PostgreSQL (пользователю, от имени которого работает сервер), не клиенту. Аналогично, команда, указанная параметром `PROGRAM`, выполняется непосредственно сервером, а не клиентским приложением, и должна быть доступна на выполнение пользователю PostgreSQL. Выполнять `COPY` с указанием файла или внешней команды разрешено только суперпользователям базы данных или членам встроенных ролей `pg_read_server_files`, `pg_write_server_files` или `pg_execute_server_program`, так как это позволяет читать/записывать любые файлы и запускать любые программы, к которым имеет доступ сервер.

Не путайте команду `COPY` с реализованной в psql метакомандой `\copy`. Метакоманда `\copy` вызывает `COPY FROM STDIN` или `COPY TO STDOUT`, а затем работает с данными в файле, доступном клиенту psql. Таким образом, когда применяется команда `\copy`, доступность файла и права доступа зависят от клиента, а не от сервера.

Путь файла, указываемый в COPY, рекомендуется всегда задавать как абсолютный, а не относительный. Это обязательное условие для команды COPY TO, но COPY FROM позволяет прочитать файл, заданный и относительным путём. Такой путь будет интерпретироваться относительно рабочего каталога серверного процесса (обычно это каталог данных кластера), а не рабочего каталога клиента.

Выполнение команды в PROGRAM может быть ограничено и другими работающими в ОС механизмами контроля доступа, например SELinux.

COPY FROM вызывает все триггеры и обрабатывает все ограничения-проверки в целевой таблице. Однако правила при загрузке данных не вызываются.

Для столбцов идентификации команда COPY FROM всегда переносит значения, содержащиеся во входных данных, как команда INSERT с указанием OVERRIDING SYSTEM VALUE.

При вводе и выводе данных COPY учитывается DateStyle. Для обеспечения переносимости на другие инсталляции PostgreSQL, в которых могут использоваться нестандартные значения DateStyle, значение DateStyle следует установить равным ISO до вызова COPY TO. Также рекомендуется не выгружать данные с IntervalStyle равным sql_standard, так как сервер с другим значением IntervalStyle может неправильно воспринимать отрицательные интервалы в таких данных.

Входные данные интерпретируются согласно кодировке, заданной параметром ENCODING, или текущей кодировке клиента, а выходные кодируются в кодировке ENCODING или текущей кодировке клиента, даже если данные не проходят через клиента, а считываются или записываются в файл непосредственно сервером.

COPY прекращает операцию при первой ошибке. Это не должно приводить к проблемам в случае с COPY TO, но после COPY FROM в целевой таблице остаются ранее полученные строки. Эти строки не будут видимыми и доступными, но будут занимать место на диске. Если сбой происходит при копировании большого объёма данных, это может приводить к значительным потерям дискового пространства. При желании вернуть потерянный объём, это можно сделать с помощью команды VACUUM.

FORCE_NULL и FORCE_NOT_NULL можно применить одновременно к одному столбцу. В результате NULL-значения в кавычках будут преобразованы в NULL, а NULL-значения без кавычек — в пустые строки.

Форматы файлов

Текстовый формат

Когда применяется формат text, читаемые или записываемые данные представляют собой текстовый файл, строка в котором соответствует строке таблицы. Столбцы в строке разделяются символом-разделителем. Значения самих столбцов — текстовые строки, выдаваемые функцией вывода, либо воспринимаемые функцией ввода, соответствующей типу данных столбца. Заданный маркер NULL выводится и считывается вместо столбцов со значением NULL. COPY FROM выдаёт ошибку, если в любой из строк во входном файле оказывается больше или меньше столбцов, чем ожидается.

Конец данных может обозначаться одной строкой, содержащей только обратную косую и точку (\.). Маркер конца данных не требуется при чтении из файла, так как его роль вполне выполняет конец файла; он необходим только при передаче данных в/из клиентского приложения по протоколу обмена до версии 3.0.

Символы обратной косой черты (\) в данных COPY позволяют экранировать символы данных, которые без них считались бы разделителями строк или столбцов. В частности, предваряться обратной косой *должны* следующие символы, когда они оказываются в значении столбца: сама обратная косая черта, перевод строки, возврат каретки и текущий разделитель.

Маркер NULL передаётся команде COPY TO как есть, без добавления обратной косой; COPY FROM, со своей стороны, ищет во вводимых данных маркеры NULL до удаления обратных косых. Таким образом, маркер NULL, например такой как `\N`, отличается от значения `\N` в данных (оно должно представляться в виде `\\N`).

Команда `COPY FROM` распознаёт следующие спецпоследовательности:

Последовательность	Представляет
`\b`	Забой (ASCII 8)
`\f`	Подача формы (ASCII 12)
`\n`	Новая строка (ASCII 10)
`\r`	Возврат каретки (ASCII 13)
`\t`	Табуляция (ASCII 9)
`\v`	Вертикальная табуляция (ASCII 11)
`\`*цифры*	Обратная косая с последующими 1–3 восьмеричными цифрами представляет байт с заданным числовым кодом
`\x`*цифры*	Обратная косая с последующим `x` и 1-2 шестнадцатеричными цифрами представляет байт с заданным числовым кодом

В настоящее время `COPY TO` никогда не выводит спецпоследовательности с восьмеричными или шестнадцатеричными кодами, однако выводит другие вышеперечисленные спецпоследовательности вместо управляющих символов.

Любой другой символ после обратной косой, отсутствующий в приведённой выше таблице, будет представлять себя. Однако опасайтесь излишнего добавления обратных косых, так как это может привести к случайному образованию строки, обозначающей маркер конца данных (`\.`) или маркер NULL (`\N` по умолчанию). Эти строки будут восприняты прежде, чем обработаются спецпоследовательности с обратной косой.

В приложениях, генерирующих данные для `COPY`, настоятельно рекомендуется преобразовать символы новой строки и возврата каретки в последовательности `\n` и `\r`, соответственно. В настоящее время можно представить возврат каретки в данных как обратная косая и возврат каретки, а перевод строки как обратная косая и перевод строки, однако это может не поддерживаться в будущих версиях. Такие символы также подвержены искажениям, если файл с выводом `COPY` переносится между разными системами (например, с Unix в Windows и наоборот).

Все последовательности с обратной косой чертой обрабатываются после преобразования кодировки. Байты, заданные в таких последовательностях восьмеричными или шестнадцатеричными цифрами, должны представлять допустимые символы в кодировке базы данных.

`COPY TO` завершает каждую строку символом новой строки в стиле Unix («`\n`»). Серверы, работающие в Microsoft Windows, вместо этого выводят символы возврат каретки/новая строка («`\r\n`»), но только при выводе `COPY` в файл на сервере; для согласованности на разных платформах, `COPY TO STDOUT` всегда передаёт «`\n`», вне зависимости от платформы сервера. `COPY FROM` может воспринимать строки, завершающиеся символами новая строка, перевод каретки, либо возврат каретки+новая строка. Чтобы уменьшить риск ошибки из-за неэкранированных символов новой строки и возврата каретки, которые должны были быть данными, `COPY FROM` сигнализирует о проблеме, если концы строк во входных данных различаются.

Формат CSV

Этот формат применяется для импорта и экспорта данных в виде списка значений, разделённых запятыми (`CSV`), с которым могут работать многие другие программы, например электронные таблицы. Вместо правил экранирования значений, введённых в PostgreSQL для текстового формата, этот формат использует стандартный механизм экранирования CSV.

Значения в каждой записи разделяются символами `DELIMITER`. Если значение содержит символ разделителя, символ `QUOTE`, маркер `NULL`, символ возврата каретки или перевода строки, то всё значение дополнятся спереди и сзади символами `QUOTE`, а любое вхождение символа `QUOTE` или спецсимвола (`ESCAPE`) в данных предваряется спецсимволом. С указанием `FORCE_QUOTE` в кавычки будут принудительно заключаться любые значения не `NULL` в указанных столбцах.

В формате `CSV` отсутствует стандартный способ отличить значение `NULL` от пустой строки. В PostgreSQL команда `COPY` решает это с помощью кавычек. Значение `NULL` выводится в виде строки, задаваемой параметром `NULL`, и не заключается в кавычки, тогда как значение не `NULL`, со строкой, задаваемой параметром `NULL`, заключается. Например, с параметрами по умолчанию `NULL` записывается в виде пустой строки без кавычек, тогда как пустая строка записывается в двойных кавычках (`""`). При чтении значений действуют похожие правила. Указание `FORCE_NOT_NULL` позволяет избежать сравнений на `NULL` во входных данных в заданных столбцах, а `FORCE_NULL` — преобразовывать в `NULL` маркеры NULL, даже заключённые в кавычки.

Так как обратная косая черта не является спецсимволом в формате `CSV`, маркер конца данных `\.` может быть и значением данных. Во избежание ошибок интерпретации данные `\.`, выводимые в виде единственного элемента строки, автоматически заключаются в кавычки при выводе, а при вводе этот маркер, заключённый в кавычки, не воспринимается как маркер конца данных. При загрузке файла, созданного другой программой, в котором в единственном столбце без кавычек оказалось значение `\.`, потребуется дополнительно заключить это значение в кавычки.

Примечание

В формате `CSV` все символы являются значимыми. Заключённое в кавычки значение, дополненное пробелами или любыми другими символами, кроме `DELIMITER`, будет включать и эти символы. Это может приводить к ошибкам при импорте данных из системы, дополняющей строки `CSV` пробельными символами до некоторой фиксированной ширины. В случае возникновения такой проблемы необходимо обработать файл `CSV` и удалить из него замыкающие пробельные символы, прежде чем загружать данные из него в PostgreSQL.

Примечание

Обработчик формата CSV воспринимает и генерирует файлы CSV со значениями в кавычках, которые могут содержать символы возврата каретки и перевода строки. Таким образом, число строк в этих файлах не строго равно числу строк в таблице, как в файлах текстового формата.

Примечание

Многие программы генерируют странные и иногда неприемлемые файлы CSV, так что этот формат используется скорее по соглашению, чем по стандарту. Поэтому вам могут встретиться файлы, которые невозможно импортировать, используя этот механизм, а `COPY` может сформировать такие файлы, что их не смогут обработать другие программы.

Двоичный формат

При выборе формата `binary` все данные сохраняются/считываются в двоичном, а не текстовом виде. Иногда этот формат обрабатывается быстрее, чем текстовый и `CSV`, но он может оказаться непереносимым между разными машинными архитектурами и версиями PostgreSQL. Кроме того, двоичный формат сильно зависит от типов данных; например, он не позволяет вывести данные из столбца `smallint`, а затем прочитать их в столбец `integer`, хотя с текстовым форматом это вполне возможно.

Формат `binary` включает заголовок файла, ноль или более записей, содержащих данные строк, и окончание файла. Для заголовков и данных принят сетевой порядок байт.

> **Примечание**
>
> В PostgreSQL до версии 7.4 использовался другой двоичный формат.

Заголовок файла

Заголовок файла содержит 15 байт фиксированных полей, за которыми следует область расширения заголовка переменной длины. Фиксированные поля:

Сигнатура

Последовательность из 11 байт `PGCOPY\n\377\r\n\0` — заметьте, что нулевой байт является обязательной частью сигнатуры. (Эта сигнатура позволяет легко выявить файлы, испорченные при передаче, не сохраняющей все 8 бит данных. Она изменится при прохождении через фильтры, меняющие концы строк, отбрасывающие нулевые байты или старшие биты, либо добавляющие чётность.)

Поле флагов

Маска из 32 бит, обозначающая важные аспекты формата файла. Биты нумеруются от 0 (LSB) до 31 (MSB). Учтите, что это поле хранится в сетевом порядке байт (наиболее значащий байт первый), как и все целочисленные поля в этом формате. Биты 16–31 зарезервированы для обозначения критичных особенностей формата; обработчик должен прервать чтение, встретив любой неожиданный бит в этом диапазоне. Биты 0–15 зарезервированы для обозначения особенностей, связанных с обратной совместимостью; обработчик может просто игнорировать любые неожиданные биты в этом диапазоне. В настоящее время определён только один битовый флаг, остальные должны быть равны 0:

Бит 16

При 1 в данные включается OID, при 0 — не включается. Системные столбцы oid в PostgreSQL больше не поддерживаются, но этот индикатор всё ещё сохраняется.

Длина области расширения заголовка

Целое 32-битное число, определяющее длину в байтах остального заголовка, не включая само это значение. В настоящее время содержит 0, и сразу за ним следует первая запись. При будущих изменениях формата в заголовок могут быть добавлены дополнительные данные. Обработчик должен просто пропускать все расширенные данные заголовка, о которых ему ничего не известно.

Область расширения заголовка предусмотрена для размещения последовательности самоопределяемых блоков. Поле флагов не должно содержать указаний о том, что содержится в области расширения. Точное содержимое области расширения может быть определено в будущих версиях.

При таком подходе возможно как обратно-совместимое дополнение заголовка (добавить блоки расширения заголовка или установить младшие биты флагов), так и не обратно-совместимое (установить старшие биты флагов, сигнализирующие о подобном изменении, и добавить вспомогательные данные в область расширения, если это потребуется).

Записи

Каждая запись начинается с 16-битного целого числа, определяющего количество полей в записи. (В настоящее время во всех записях должно быть одинаковое число полей, но так может быть не всегда.) Затем, для каждого поля в записи указывается 32-битная длина поля, за которой следует это количество байт с данными поля. (Значение длины не включает свой размер, и может быть равно нулю.) В качестве особого варианта, -1 обозначает, что в поле содержится NULL. В случае с NULL за длиной не следуют байты данных.

Выравнивание или какие-либо дополнительные данные между полями не вставляются.

В настоящее время предполагается, что все значения данных в файле двоичного формата содержатся в двоичном формате (формате под кодом 1). Возможно, в будущем расширении в заголовок будет добавлено поле, позволяющее задавать другие коды форматов для разных столбцов.

Чтобы определить подходящий двоичный формат для фактических данных, обратитесь к исходному коду PostgreSQL, в частности, к функциям `*send` и `*recv` для типов данных каждого столбца (обычно эти функции находятся в каталоге `src/backend/utils/adt/` в дереве исходного кода).

Если в файл включается OID, поле OID следует немедленно за числом, определяющим количество полей. Это поле не отличается от других ничем, кроме того, что оно не учитывается в количестве полей. Заметьте, что в текущих версиях PostgreSQL системные столбцы oid не поддерживаются.

Окончание файла

Окончание файла состоит из 16-битного целого, содержащего -1. Это позволяет легко отличить его от счётчика полей в записи.

Обработчик, читающий файл, должен выдать ошибку, если число полей в записи не равно -1 или ожидаемому числу столбцов. Это обеспечивает дополнительную проверку синхронизации данных.

Примеры

В следующем примере таблица передаётся клиенту с разделителем полей «вертикальная черта» (`|`):

```
COPY country TO STDOUT (DELIMITER '|');
```

Копирование данных из файла в таблицу `country`:

```
COPY country FROM '/usr1/proj/bray/sql/country_data';
```

Копирование в файл только данных стран, название которых начинается с 'A':

```
COPY (SELECT * FROM country WHERE country_name LIKE 'A%') TO '/usr1/proj/bray/sql/
a_list_countries.copy';
```

Для копирования данных в сжатый файл можно направить вывод через внешнюю программу сжатия:

```
COPY country TO PROGRAM 'gzip > /usr1/proj/bray/sql/country_data.gz';
```

Пример данных, подходящих для копирования в таблицу из `STDIN`:

```
AF      AFGHANISTAN
AL      ALBANIA
DZ      ALGERIA
ZM      ZAMBIA
ZW      ZIMBABWE
```

Примечание: пробелы в каждой строке на самом деле обозначают символы табуляции.

Ниже приведены те же данные, но выведенные в двоичном формате. Данные показаны после обработки Unix-утилитой `od -c`. Таблица содержит три столбца; первый имеет тип `char(2)`, второй — `text`, а третий — `integer`. Последний столбец во всех строках содержит NULL.

```
0000000   P   G   C   O   P   Y  \n 377  \r  \n  \0  \0  \0  \0  \0  \0
0000020  \0  \0  \0  \0 003  \0  \0  \0 002   A   F  \0  \0  \0 013   A
0000040   F   G   H   A   N   I   S   T   A   N 377 377 377 377  \0 003
0000060  \0  \0  \0 002   A   L  \0  \0  \0 007   A   L   B   A   N   I
0000100   A 377 377 377 377  \0 003  \0  \0  \0 002   D   Z  \0  \0  \0
0000120 007   A   L   G   E   R   I   A 377 377 377 377  \0 003  \0  \0
0000140  \0 002   Z   M  \0  \0  \0 006   Z   A   M   B   I   A 377 377
```

```
0000160 377 377  \0 003  \0  \0  \0 002   Z   W  \0  \0  \0  \b   Z   I
0000200   M   B   A   B   W   E 377 377 377 377 377 377
```

Совместимость

Оператор COPY отсутствует в стандарте SQL.

До версии PostgreSQL 9.0 использовался и по-прежнему поддерживается следующий синтаксис:

```
COPY имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
    FROM { 'имя_файла' | STDIN }
    [ [ WITH ]
          [ BINARY ]
          [ DELIMITER [ AS ] 'символ_разделитель' ]
          [ NULL [ AS ] 'маркер_NULL' ]
          [ CSV [ HEADER ]
                [ QUOTE [ AS ] 'символ_кавычек' ]
                [ ESCAPE [ AS ] 'символ_экранирования' ]
                [ FORCE NOT NULL имя_столбца [, ...] ] ] ]

COPY { имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ] | ( запрос ) }
    TO { 'имя_файла' | STDOUT }
    [ [ WITH ]
          [ BINARY ]
          [ DELIMITER [ AS ] 'символ_разделитель' ]
          [ NULL [ AS ] 'маркер_NULL' ]
          [ CSV [ HEADER ]
                [ QUOTE [ AS ] 'символ_кавычек' ]
                [ ESCAPE [ AS ] 'символ_экранирования' ]
                [ FORCE QUOTE { имя_столбца [, ...] | * } ] ] ]
```

Заметьте, что в этом синтаксисе ключевые слова BINARY и CSV обрабатываются как независимые, а не как аргументы параметра FORMAT.

До версии PostgreSQL 7.3 использовался и по-прежнему поддерживается следующий синтаксис:

```
COPY [ BINARY ] имя_таблицы
    FROM { 'имя_файла' | STDIN }
    [ [USING] DELIMITERS 'символ_разделитель' ]
    [ WITH NULL AS 'маркер_NULL' ]

COPY [ BINARY ] имя_таблицы
    TO { 'имя_файла' | STDOUT }
    [ [USING] DELIMITERS 'символ_разделитель' ]
    [ WITH NULL AS 'маркер_NULL' ]
```

CREATE ACCESS METHOD

CREATE ACCESS METHOD — создать новый метод доступа

Синтаксис

```
CREATE ACCESS METHOD имя
    TYPE тип_метода_доступа
    HANDLER функция_обработчик
```

Описание

Команда `CREATE ACCESS METHOD` создаёт новый метод доступа.

Имя метода доступа должно быть уникальным в базе данных.

Определять новые методы доступа могут только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя создаваемого метода доступа.

тип_метода_доступа

Это предложение задаёт тип создаваемого метода доступа. В настоящее время поддерживается только `TABLE` и `INDEX`.

функция_обработчик

В аргументе *функция_обработчик* указывается имя (возможно, дополненное схемой) ранее зарегистрированной функции, представляющей метод доступа. Функция-обработчик должна принимать один аргумент типа `internal`, а тип её результата зависит от типа метода доступа; для методов доступа типа `TABLE` это должен быть `table_am_handler`, а для `INDEX` — `index_am_handler`. Также от типа метода доступа зависит API уровня C, который должна реализовывать эта функция-обработчик. API табличных методов доступа описан в Главе 60, а индексных — в Главе 61.

Примеры

Создание метода доступа индекса `heptree` с функцией-обработчиком `heptree_handler`:

```
CREATE ACCESS METHOD heptree TYPE INDEX HANDLER heptree_handler;
```

Совместимость

`CREATE ACCESS METHOD` является расширением PostgreSQL.

См. также

DROP ACCESS METHOD, CREATE OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR FAMILY

CREATE AGGREGATE

CREATE AGGREGATE — создать агрегатную функцию

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] AGGREGATE имя ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_данных_аргумента [ , ... ] ) (
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , COMBINEFUNC = комбинирующая_функция ]
    [ , SERIALFUNC = функция_сериализации ]
    [ , DESERIALFUNC = функция_десериализации ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , MSFUNC = функция_состояния_движ ]
    [ , MINVFUNC = обратная_функция_движ ]
    [ , MSTYPE = тип_данных_состояния_движ ]
    [ , MSSPACE = размер_данных_состояния_движ ]
    [ , MFINALFUNC = функция_завершения_движ ]
    [ , MFINALFUNC_EXTRA ]
    [ , MFINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
    [ , SORTOP = оператор_сортировки ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
)

CREATE [ OR REPLACE ] AGGREGATE имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_данных_аргумента [ , ... ] ]
                        ORDER BY [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_данных_аргумента [ , ... ] ) (
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
    [ , HYPOTHETICAL ]
)

или старый синтаксис

CREATE [ OR REPLACE ] AGGREGATE имя (
    BASETYPE = базовый_тип,
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , COMBINEFUNC = комбинирующая_функция ]
    [ , SERIALFUNC = функция_сериализации ]
```

```
    [ , DESERIALFUNC = функция_десериализации ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , MSFUNC = функция_состояния_движ ]
    [ , MINVFUNC = обратная_функция_движ ]
    [ , MSTYPE = тип_данных_состояния_движ ]
    [ , MSSPACE = размер_данных_состояния_движ ]
    [ , MFINALFUNC = функция_завершения_движ ]
    [ , MFINALFUNC_EXTRA ]
    [ , MFINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
    [ , SORTOP = оператор_сортировки ]
)
```

Описание

`CREATE AGGREGATE` создаёт новую агрегатную функцию, а `CREATE OR REPLACE AGGREGATE` создаёт новую или заменяет определение уже существующей агрегатной функции. Некоторое количество базовых и часто используемых агрегатных функций включено в дистрибутив; они описаны в Разделе 9.21. Но если нужно адаптировать их к новым типам или создать недостающие агрегатные функции, это можно сделать с помощью команды `CREATE AGGREGATE`.

При замене существующего определения изменить типы и количество непосредственных аргументов, а также тип результата нельзя. Кроме того, новое определение должно быть того же вида (обычный, сортирующий или гипотезирующий агрегат), что и старое.

Если указывается имя схемы (например, `CREATE AGGREGATE myschema.myagg ...`), агрегатная функция создаётся в указанной схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме.

Агрегатная функция идентифицируется по имени и типам входных данных. Две агрегатных функции в одной схеме могут иметь одно имя, только если они работают с разными типами данных. Имя и тип(ы) входных данных агрегата не могут совпадать с именем и типами данных любой другой обычной функции в той же схеме. Это же правило действует при перегрузке имён обычных функций (см. CREATE FUNCTION).

Простую агрегатную функцию образуют одна или две обычные функции: функция перехода состояния *функция_состояния* и необязательная функция окончательного вычисления *функция_завершения*. Они используются следующим образом:

```
функция_состояния( внутреннее-состояние, следующие-значения-данных ) ---> следующее-внутреннее-состояние
функция_завершения( внутреннее-состояние ) ---> агрегатное_значение
```

PostgreSQL создаёт временную переменную типа *тип_данных_состояния* для хранения текущего внутреннего состояния агрегата. Затем для каждой поступающей строки вычисляются значения аргументов агрегата и вызывается функция перехода состояния с текущим значением состояния и полученными аргументами; эта функция вычисляет следующее внутреннее состояние. Когда таким образом будут обработаны все строки, вызывается завершающая функция, которая должна вычислить возвращаемое значение агрегата. Если функция завершения отсутствует, просто возвращается конечное значение состояния.

Агрегатная функция может определить начальное условие, то есть начальное значение для внутренней переменной состояния. Это значение задаётся и сохраняется в базе данных в виде строки типа `text`, но оно должно быть допустимым внешним представлением константы типа данных переменной состояния. По умолчанию начальным значением состояния считается NULL.

Если функция перехода состояния объявлена как «strict» (строгая), её нельзя вызывать с входными значениями NULL. В этом случае агрегатная функция выполняется следующим образом. Строки со значениями NULL игнорируются (функция перехода не вызывается и предыдущее значение состояния не меняется) и если начальное состояние равно NULL, то в первой же строке, в которой все входные значения не NULL, первый аргумент заменяет значение состояния, а функция перехода вызывается для каждой последующей строки, в которой все входные значения не NULL. Это поведение удобно для реализации таких агрегатных функций, как max. Заметьте, что такое поведение возможно, только если *тип_данных_состояния* совпадает с первым *типом_данных_аргумента*. Если же эти типы различаются, необходимо задать начальное условие не NULL или использовать нестрогую функцию перехода состояния.

Если функция перехода состояния не является строгой, она вызывается безусловно для каждой поступающей строки и должна сама обрабатывать вводимые значения и переменную состояния, равные NULL. Это позволяет разработчику агрегатной функции полностью управлять тем, как она воспринимает значения NULL.

Если функция завершения объявлена как «strict» (строгая), она не будет вызвана при конечном значении состояния, равном NULL; вместо этого автоматически возвращается результат NULL. (Разумеется, это вполне нормальное поведение для строгих функций.) Когда функция завершения вызывается, она в любом случае может возвратить значение NULL. Например, функция завершения для avg возвращает NULL, если определяет, что было обработано ноль строк.

Иногда бывает полезно объявить функцию завершения как принимающую не только состояние, но и дополнительные параметры, соответствующие входным данным агрегата. В основном это имеет смысл для полиморфных функций завершения, которым может быть недостаточно знать тип данных только переменной состояния, чтобы вывести тип результата. Эти дополнительные параметры всегда передаются как NULL (так что функция завершения не должна быть строгой, когда применяется FINALFUNC_EXTRA), но в остальном это обычные параметры. Функция завершения может выяснить фактические типы аргументов в текущем вызове, воспользовавшись системным вызовом get_fn_expr_argtype.

Агрегатная функция может дополнительно поддерживать *режим движущегося агрегата*, как описано в Подразделе 37.12.1. Для этого режима требуются параметры MSFUNC, MINVFUNC и MSTYPE, а также могут задаваться MSSPACE, MFINALFUNC, MFINALFUNC_EXTRA, MFINALFUNC_MODIFY и MINITCOND. За исключением MINVFUNC, эти параметры работают как соответствующие параметры простого агрегата без начальной буквы M; они определяют отдельную реализацию агрегата, включающую функцию обратного перехода.

Если в список параметров добавлено указание ORDER BY, создаётся особый типа агрегата, называемый *сортирующим агрегатом*; с указанием HYPOTHETICAL создаётся *гипотезирующий агрегат*. Эти агрегаты работают с группами отсортированных значений и зависят от порядка сортировки, поэтому определение порядка сортировки входных данных является неотъемлемой частью их вызова. Кроме того, они могут иметь *непосредственные* аргументы, которые вычисляются единожды для всей процедуры агрегирования, а не для каждой поступающей строки. Гипотезирующие агрегаты представляют собой подкласс сортирующих агрегатов, в которых непосредственные аргументы должны совпадать, по количеству и типам данных, с агрегируемыми аргументами. Это позволяет добавить значения этих непосредственных аргументов в набор агрегируемых строк в качестве дополнительной «гипотетической» строки.

Агрегатная функция может дополнительно поддерживать *частичное агрегирование*, как описано в Подразделе 37.12.4. Для этого требуется задать параметр COMBINEFUNC. Если в качестве *типа_данных_состояния* выбран internal, обычно уместно также задать SERIALFUNC и DESERIALFUNC, чтобы было возможно параллельное агрегирование. Заметьте, что для параллельного агрегирования агрегатная функция также должна быть помечена как PARALLEL SAFE (безопасная для распараллеливания).

Агрегаты, работающие подобно MIN и MAX, иногда можно соптимизировать, заменив сканирование всех строк таблицы обращением к индексу. Если агрегат подлежит такой оптимизации, это можно указать, определив *оператор сортировки*. Основное требование при этом: агрегат должен выдавать в результате первый элемент по порядку сортировки, задаваемому оператором; другими словами:

```
SELECT agg(col) FROM tab;
```

должно быть равнозначно:

```
SELECT col FROM tab ORDER BY col USING sortop LIMIT 1;
```

Дополнительно предполагается, что агрегат игнорирует значения NULL и возвращает NULL, только если строк со значениями не NULL не нашлось. Обычно оператор `<` является подходящим оператором сортировки для `MIN`, а `>` — для `MAX`. Заметьте, что обращение к индексу может дать эффект, только если заданный оператор реализует стратегию «меньше» или «больше» в классе операторов индекса-B-дерева.

Чтобы создать агрегатную функцию, необходимо иметь право `USAGE` для типов аргументов, типа(ов) состояния и типа результата, а также право `EXECUTE` для опорных функций.

Параметры

имя

Имя создаваемой агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. (Агрегатные функции не поддерживают выходные аргументы (`OUT`).) По умолчанию подразумевается `IN`. Режим `VARIADIC` может быть указан только последним.

имя_аргумента

Имя аргумента. В настоящее время используется только в целях документирования. Если опущено, соответствующий аргумент будет безымянным.

тип_данных_аргумента

Тип входных данных, с которым работает эта агрегатная функция. Для создания агрегатной функции без аргументов вставьте `*` вместо списка с определениями аргументов. (Пример такой агрегатной функции: `count(*)`.)

базовый_тип

В прежнем синтаксисе `CREATE AGGREGATE` тип входных данных задавался параметром `basetype`, а не записывался после имени агрегата. Это позволяло указать только один входной параметр. Чтобы определить функцию без аргументов, используя этот синтаксис, в качестве значения `basetype` нужно указать `"ANY"` (не `*`). Создать сортирующий агрегат старый синтаксис не позволял.

функция_состояния

Имя функции перехода состояния, вызываемой для каждой входной строки. Для обычных агрегатных функций с *N* аргументами, *функция_состояния* должна принимать *N*+1 аргумент, первый должен иметь тип *тип_данных_состояния*, а остальные — типы соответствующих входных данных. Возвращать она должна значение типа *тип_данных_состояния*. Эта функция принимает текущее значение состояния и текущие значения входных данных, и возвращает следующее значение состояния.

В сортирующих (и в том числе, гипотезирующих) агрегатах функция перехода состояния получает только текущее значение состояния и агрегируемые аргументы, без непосредственных аргументов. Других отличий у неё нет.

тип_данных_состояния

Тип данных значения состояния для агрегатной функции.

размер_данных_состояния

Средний размер значения состояния агрегата (в байтах). Если этот параметр опущен или равен нулю, применяемая оценка по умолчанию определяется по *типу_данных_состояния*. Планировщик использует это значение для оценивания объёма памяти, требуемого для агрегатного запроса с группировкой.

функция_завершения

Имя функции завершения, вызываемой для вычисления результата агрегатной функции после обработки всех входных строк. Для обычного агрегата эта функция должна принимать единственный аргумент типа *тип_данных_состояния*. Возвращаемым типом агрегата будет тип, который возвращает эта функция. Если *функция_завершения* не указана, результатом агрегата будет конечное значение состояния, а типом результата — *тип_данных_состояния*.

В сортирующих (и в том числе, гипотезирующих) агрегатах функция завершения получает не только конечное значение состояния, но и значения всех непосредственных аргументов.

Если команда содержит указание `FINALFUNC_EXTRA`, то в дополнение к конечному значению состояния и всем непосредственным аргументам функция завершения получает добавочные значения NULL, соответствующие обычным (агрегируемым) аргументам агрегата. Это в основном полезно для правильного определения типа результата при создании полиморфной агрегатной функции.

`FINALFUNC_MODIFY` = { `READ_ONLY` | `SHAREABLE` | `READ_WRITE` }

Этот параметр указывает, является ли функция завершения чистой функцией, которая не изменяет свои аргументы. Это свойство функции передаёт значение `READ_ONLY`; два других значения показывают, что она может менять значение переходного состояния. Подробнее об этом говорится в разделе Замечания ниже. По умолчанию подразумевается значение `READ_ONLY`, за исключением сортирующих агрегатов (для них значение по умолчанию — `READ_WRITE`).

комбинирующая_функция

Дополнительно может быть указана *комбинирующая_функция*, чтобы агрегатная функция поддерживала частичное агрегирование. Если задаётся, *комбинирующая_функция* должна комбинировать два значения *типа_данных_состояния*, содержащих результат агрегирования по некоторому подмножеству входных значений, и вычислять новое значение *типа_данных_состояния*, представляющее результат агрегирования по обоим множествам данных. Эту функцию можно считать своего рода *функцией_состояния*, которая вместо обработки отдельной входной строки и включения её данных в текущее агрегируемое состояние включает некоторое агрегированное состояние в текущее.

Указанная *комбинирующая_функция* должна быть объявлена как принимающая два аргумента *типа_данных_состояния* и возвращающая значение *типа_данных_состояния*. Эта функция дополнительно может быть объявлена «строгой». В этом случае данная функция не будет вызываться, когда одно из входных состояний — NULL; в качестве корректного результата будет выдано другое состояние.

Для агрегатных функций, у которых *тип_данных_состояния* — `internal`, *комбинирующая_функция* не должна быть «строгой». При этом *комбинирующая_функция* должна позаботиться о том, чтобы состояния NULL обрабатывались корректно и возвращаемое состояние располагалось в контексте памяти агрегирования.

функция_сериализации

Агрегатная функция, у которой *тип_данных_состояния* — `internal`, может участвовать в параллельном агрегировании, только если для неё задана *функция_сериализации*, которая должна сериализовать агрегатное состояние в значение `bytea` для передачи другому процессу. Эта функция должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип `bytea`. Также при этом нужно задать соответствующую *функцию_десериализации*.

функция_десериализации

Десериализует ранее сериализованное агрегатное состояние обратно в *тип_данных_состояния*. Эта функция должна принимать два аргумента типов `bytea` и `internal` и выдавать результат типа `internal`. (Замечание: второй аргумент типа `internal` не используется, но требуется из соображений типобезопасности.)

начальное_условие

Начальное значение переменной состояния. Оно должно задаваться строковой константой в форме, пригодной для ввода в *тип_данных_состояния*. Если не указано, начальным значением состояния будет NULL.

функция_состояния_движ

Имя функции прямого перехода состояния, вызываемой для каждой входной строки в режиме движущегося агрегата. Это точно такая же функция, как и обычная функция перехода, но её первый аргумент и результат имеют тип *тип_данных_состояния_движ*, который может отличаться от типа *тип_данных_состояния*.

обратная_функция_движ

Имя функции обратного перехода состояния, применяемой в режиме движущегося агрегата. У этой функции те же типы аргумента и результатов, что и у *функции_состояния_движ*, но она предназначена не для добавления, а для удаления значения из текущего состояния агрегата. Функция обратного перехода должна иметь ту же характеристику строгости, что и функция прямого перехода.

тип_данных_состояния_движ

Тип данных значения состояния для агрегатной функции в режиме движущегося агрегата.

размер_данных_состояния_движ

Примерный размер значения состояния в режиме движущегося агрегата. Он имеет то же значение, что и *размер_данных_состояния*.

функция_завершения_движ

Имя функции завершения, вызываемой в режиме движущегося агрегата для вычисления результата агрегатной функции после обработки всех входных строк. Она работает так же, как *функция_завершения*, но её первый аргумент имеет тип *тип_данных_состояния_движ*, а дополнительными пустыми аргументами управляет параметр `MFINALFUNC_EXTRA`. Тип результата, который определяет *функция_завершения_движ*, или *тип_данных_состояния_движ*, должен совпадать с типом результата обычной реализации агрегата.

`MFINALFUNC_MODIFY` = { `READ_ONLY` | `SHAREABLE` | `READ_WRITE` }

Этот параметр подобен `FINALFUNC_MODIFY`, но описывает поведение функции завершения для движущегося агрегата.

начальное_условие_движ

Начальное значение переменной состояния в режиме движущегося агрегата. Оно применяется так же, как *начальное_условие*.

оператор_сортировки

Связанный оператор сортировки для реализации агрегатов, подобных `MIN` или `MAX`. Здесь указывается просто имя оператора (возможно, дополненное схемой). Предполагается, что оператор поддерживает те же типы входных данных, что и агрегат (который должен быть обычным и иметь один аргумент).

`PARALLEL =` { `SAFE` | `RESTRICTED` | `UNSAFE` }

Указания `PARALLEL SAFE`, `PARALLEL RESTRICTED` и `PARALLEL UNSAFE` имеют те же значения, что и в CREATE FUNCTION. Агрегатная функция не будет считаться распараллеливаемой, если она имеет характеристику `PARALLEL UNSAFE` (она подразумевается по умолчанию!) или `PARALLEL`

RESTRICTED. Заметьте, что планировщик не обращает внимание на допустимость распараллеливания опорных функций агрегата, а учитывает только характеристику самой агрегатной функции.

HYPOTHETICAL

Этот признак, допустимый только для сортирующих агрегатов, указывает, что агрегатные аргументы должны обрабатываться согласно требованиям гипотезирующих агрегатов: то есть последние несколько непосредственных аргументов должны соответствовать по типам агрегатным аргументам (WITHIN GROUP). Признак HYPOTHETICAL не влияет на поведение во время выполнения, он учитывается только при разрешении типов данных и правил сортировки аргументов.

Параметры CREATE AGGREGATE могут записываться в любом порядке, не обязательно так, как показано выше.

Замечания

В параметрах, определяющих имена вспомогательных функций, при необходимости можно написать имя схемы, например: SFUNC = public.sum. Однако типы аргументов там не указываются — типы аргументов вспомогательных функций определяются другими параметрами.

Обычно функции PostgreSQL должны быть действительно функциями, не меняющими свои входные значения. Однако функциям агрегатного перехода, *используемым в контексте агрегатной функции*, разрешено действовать хитрее и изменять аргумент с переходным состоянием на месте. Это может дать значительный выигрыш в скорости по сравнению с созданием новой копии переходного состояния при каждом вызове.

Подобным образом, хотя функция завершения агрегата обычно не должна изменять свои входные значения, иногда может быть полезно допустить изменение аргумента с переходным состоянием. Соответствующее поведение должно обозначаться параметром FINALFUNC_MODIFY. Его значение READ_WRITE показывает, что функция завершения модифицирует переходное состояние неопределённым образом. При этом значении предотвращается использование агрегата в качестве оконной функции, а также не допускается объединение переходных состояний при вызове агрегатов с одинаковыми входными данными и функциями перехода. Значение SHAREABLE указывает, что функцию перехода нельзя применять после функции завершения, но с конечным значением состояния могут быть выполнены несколько вызовов функции завершения. При этом значении предотвращается использование агрегата в качестве оконной функции, но переходные состояния могут объединяться. (То есть оптимизация в данном случае состоит не в многократном применении одной функции завершения, а в применении различных функций завершения к одному и тому же конечному переходному состоянию. Это допускается, только если ни одна из функций завершения не помечена как READ_WRITE.)

Если агрегатная функция поддерживает режим движущегося агрегата, это увеличивает эффективность вычислений, когда она применяется в качестве оконной функции для окна с движущимся началом рамки (то есть когда начало определяется не как UNBOUNDED PRECEDING). По сути, функция прямого перехода добавляет входные значения к состоянию агрегата, когда они поступают в рамку окна снизу, а функция обратного перехода снова вычитает их, когда они покидают рамку сверху. Поэтому вычитаются значения в том же порядке, в каком добавлялись. Когда бы ни вызывалась функция обратного перехода, она таким образом получит первое из добавленных, но ещё не удалённых значений аргумента. Функция обратного перехода может рассчитывать на то, что после того, как она удалит самые старые данные, в текущем состоянии останется ещё как минимум одна строка. (Когда это правило могло бы нарушиться, механизм оконных функций просто начинает агрегировать данные заново, а не вызывает функцию обратного перехода.)

Функция прямого перехода для режима движущегося агрегата не может возвращать NULL в качестве нового значения состояния. Если NULL возвращает функция обратного перехода, это показывает, что она не может произвести обратное вычисление для этих конкретных данных, и что вычисление агрегата следует выполнить заново от начальной позиции текущей рамки. Благодаря этому соглашению, режим движущегося агрегата можно использовать, даже если иногда возникают ситуации, в которых обратный расчёт состояния производить непрактично.

Агрегатную функцию можно использовать с движущимися рамками и без реализации движущегося агрегата, но при этом PostgreSQL будет заново агрегировать все данные при каждом перемещении начала рамки. Заметьте, что вне зависимости от того, поддерживает ли агрегатная функция режим движущегося агрегата, PostgreSQL может обойтись без повторных вычислений при сдвиге конца рамки; новые значения просто продолжают добавляться в состояние агрегата. Именно поэтому для использования агрегата в качестве оконной функции требуется, чтобы функция завершения была только читающей: она не должна изменять значение состояния агрегата, чтобы агрегирование могло продолжаться и после получения результата для набора строк в определённой рамке.

Синтаксис сортирующих агрегатных функций позволяет указать `VARIADIC` и в последнем непосредственном параметре, и в последнем агрегатном (`WITHIN GROUP`). Однако в текущей реализации на применение `VARIADIC` накладываются два ограничения. Во-первых, в сортирующих агрегатах можно использовать только `VARIADIC "any"`, но не другие типы переменных массивов. Во-вторых, если последним непосредственным аргументом является `VARIADIC "any"`, то допускается только один агрегатный аргумент и это тоже должен быть `VARIADIC "any"`. (В представлении, используемом в системных каталогах, эти два параметра объединяются в один элемент `VARIADIC "any"`, так как в `pg_proc` нельзя представить функцию с несколькими параметрами `VARIADIC`.) Если агрегатная функция является гипотезирующей, непосредственные аргументы, соответствующие параметру `VARIADIC "any"`, будут гипотетическими; любые предшествующие параметры представляют дополнительные непосредственные аргументы, которые могут не соответствовать агрегатным.

В настоящее время сортирующие агрегатные функции не поддерживают режим движущегося агрегата, так как их нельзя применять в качестве оконных функций.

Частичное (в том числе, параллельное) агрегирование в настоящее время не поддерживается для сортирующих агрегатных функций. Также оно никогда не будет применяться для агрегатных вызовов с предложениями `DISTINCT` или `ORDER BY`, так как они по природе своей не могут быть реализованы с частичным агрегированием.

Примеры

См. Раздел 37.12.

Совместимость

Оператор `CREATE AGGREGATE` является языковым расширением PostgreSQL. В стандарте SQL не предусмотрено создание пользовательских агрегатных функций.

См. также

ALTER AGGREGATE, DROP AGGREGATE

CREATE CAST

CREATE CAST — создать приведение

Синтаксис

```
CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
    WITH FUNCTION имя_функции [ (тип_аргумента [, ...]) ]
    [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]

CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
    WITHOUT FUNCTION
    [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]

CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
    WITH INOUT
    [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]
```

Описание

`CREATE CAST` создаёт новое приведение. Приведение определяет, как выполнить преобразование из одного типа в другой. Например,

```
SELECT CAST(42 AS float8);
```

преобразует целочисленную константу 42 к типу `float8`, вызывая ранее определённую функцию, в данном случае `float8(int4)`. (Если подходящее приведение не определено, возникнет ошибка преобразования.)

Два типа могут быть *двоично-сводимыми*; это означает, что преобразование может быть выполнено «бесплатно», без вызова какой-либо функции. Для этого требуется, чтобы соответствующие значения имели одинаковое внутреннее представление. Например, типы `text` и `varchar` двоично-сводимые в обе стороны. Отношение двоичной сводимости не обязательно симметрично. Например, приведение типа `xml` к типу `text` в текущей реализации можно выполнить бесплатно, но для преобразования в обратном направлении требуется функция, выполняющая как минимум синтаксическую проверку. (Два типа, двоично-сводимые в обе стороны, также называются двоично-совместимыми.)

Приведение можно определить как *преобразование ввода/вывода*, используя указание `WITH INOUT`. В этом случае для приведения одного типа к другому вызывается функция вывода исходного типа данных, а выданная ей строка передаётся функции ввода целевого типа. Во многих случаях эта возможность избавляет от необходимости писать для преобразования всех типов отдельные функции приведения. Преобразование ввода/вывода работает так же, как и обычное приведение с функцией; отличается только реализация.

По умолчанию, приведение можно вызвать, только записав его явно, то есть применив конструкцию `CAST(x AS имя_типа)` или `x::имя_типа`.

Если приведение помечено `AS ASSIGNMENT`, его можно вызывать неявно, присваивая значение столбцу с целевым типом данных. Например, если `foo.f1` — столбец типа `text`, то команда:

```
INSERT INTO foo (f1) VALUES (42);
```

будет допустимой, если приведение типа `integer` к `text` помечено `AS ASSIGNMENT`, и не будет в противном случае. (Для описания такого типа приведений мы обычно используем термин *приведение присваивания*.)

Если приведение помечено `AS IMPLICIT`, оно будет вызываться неявно в любом контексте, будь то присваивание или внутреннее преобразование в выражении. (Обычно мы называет приведение такого типа *неявным приведением*.) Например, рассмотрите этот запрос:

```
SELECT 2 + 4.0;
```

При разборе запроса константам сначала назначаются типы `integer` и `numeric`. Однако в системных каталогах нет оператора `integer + numeric`, хотя есть оператор `numeric + numeric`. Таким образом, запрос выполнится успешно, если существует преобразование типа `integer` к `numeric` с пометкой `AS IMPLICIT` — и на самом деле это так. Анализатор запроса применит неявное приведение и запрос будет обработан, как если бы он был записан в виде

```
SELECT CAST ( 2 AS numeric ) + 4.0;
```

Системные каталоги также содержат приведение типа `numeric` к `integer`. Если бы это приведение тоже было бы помечено `AS IMPLICIT` (на самом деле это не так), анализатору запроса пришлось бы выбирать между предыдущим вариантом и приведением константы `numeric` к типу `integer` с последующим применением оператора `integer + integer`. Не имея возможности выбрать лучший вариант, анализатор бы не смог разрешить запрос и объявил бы его неоднозначным. Именно благодаря тому, что только одно из двух приведений сделано неявным, анализатор приходит к пониманию, что предпочитаемым является преобразование выражения `numeric`-и-`integer` в `numeric`; отдельного встроенного знания об этом нет.

Определяя, объявлять ли приведения неявными, разумно проявлять консерватизм. При чрезмерном количестве способов неявного приведения PostgreSQL может выбирать неожиданные интерпретации команд, или вовсе не сможет выполнить команды из-за наличия множества возможных интерпретаций. Как правило, следует делать приведение неявно вызываемым только для преобразований, сохраняющих информацию, между типами в одной общей категории типов. Например, приведение `int2` к `int4` разумно сделать неявным, но приведение `float8` к `int4`, возможно, лучше сделать только приведением присваивания. Приведения типов разных категорий, например, `text` к `int4`, лучше делать только явными.

Примечание

Иногда ради удобства или соответствия стандартам требуется ввести множество неявных преобразований для нескольких типов, что приводит к неизбежной неоднозначности. Чтобы анализатор запроса мог обеспечить желаемое поведение в таких случаях, он дополнительно принимает во внимание *категории типов* и *предпочитаемые типы*. Подробнее это описано в CREATE TYPE.

Чтобы создать приведение, необходимо быть владельцем одного (исходного или целевого) типа и иметь право `USAGE` для другого типа. Создать двоично-сводимое приведение могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что преобразование данных с ошибочным двоичным сведением может легко вызывать сбой сервера.)

Параметры

`исходный_тип`

Имя исходного типа данных для приведения.

`целевой_тип`

Имя целевого типа данных для приведения.

`имя_функции``[(`*`тип_аргумента`*` [, ...])]`

Функция, вызываемая для выполнения приведения. Имя функции может быть дополнено схемой; в противном случае для поиска функции просматривается путь поиска. Тип данных результата должен соответствовать целевому типу приведения. Аргументы функции рассматриваются ниже. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

`WITHOUT FUNCTION`

Обозначает, что исходный тип сводится к целевому на двоичном уровне, так что функция для приведения не требуется.

`WITH INOUT`

Обозначает, что приведение выполняется как преобразование ввода/вывода, то есть вызывается функция вывода исходного типа данных, а её результат-строка передаётся функции ввода целевого типа.

`AS ASSIGNMENT`

Обозначает, что приведение может вызываться неявно в контексте присваивания.

`AS IMPLICIT`

Обозначает, что приведение может вызываться неявно в любом контексте.

Функции, реализующие приведение, могут иметь от одного до трёх аргументов. Тип первого аргумента должен быть идентичен или двоично-сводимым к исходному типу приведения. Второй аргумент, если он есть, должен иметь тип `integer`; в нём передаётся модификатор типа, связанный с целевым типом, или `-1`, если он отсутствует. Третий аргумент, если он есть, должен иметь тип `boolean`; в нём передаётся `true`, если приведение выполняется явно, либо `false` в противном случае. (Это довольно экстравагантно, но стандарт SQL предусматривает разное поведение для явного и неявного приведения в некоторых случаях. Этот аргумент предназначен для функций, которые должны реализовывать такие приведения. Однако создавать собственные типы данных, для которых это имело бы значение, не рекомендуется.)

Возвращаемый тип функции приведения должен быть идентичным или двоично-сводимым к целевому типу приведения.

Обычно исходный и целевой типы в приведении различаются, однако можно объявить приведение одного типа к такому же, если функция, реализующая преобразование, имеет более одного аргумента. Это используется для представления в системных каталогах функций, сводящих разные длины типов. Реализующая такое приведение функция будет сводить значение типа к значению с определённым модификатором, заданному вторым аргументом.

Когда исходный и целевой типы приведения различаются и функция принимает более одного аргумента, преобразование типа из одного в другой и сведение к нужной длине может выполняться за один шаг. Если же соответствующей записи не находится, приведение к типу с определённым модификатором выполняется в два этапа: сначала выполняется преобразование типа, а затем применяется модификатор типа.

Приведение типа домена или к типу домена в настоящее время не осуществляется. При попытке выполнить такое приведение вместо него выполняется приведение, связанное с базовым типом домена.

Примечания

Для удаления приведений, созданных пользователем, применяется DROP CAST.

Помните, что когда требуется преобразовывать типы в обе стороны, необходимо явно описать два приведения.

Обычно не требуется создавать приведения между пользовательскими типами и стандартными строковыми типами (`text`, `varchar` и `char(n)`, а также пользовательскими типами, относящимися к категории строковых). Для них PostgreSQL предоставляет автоматическое преобразование ввода/вывода. Автоматические приведения к строковым типам считаются приведениями присваивания, а автоматические приведения строковых типов к другим могут быть только явными. Это поведение можно переопределить, создав собственное приведение, заменяющее автоматическое, но обычно это нужно, только чтобы сделать вызов более удобным, чем стандартное только присваивание или явное указание. Возможен и другой повод для такого переопределения — желание создать приведение, работающее не так, как функция ввода/вывода типа; но это настолько удивительно, что следует дважды подумать, хороша ли эта идея. (На самом деле у небольшого количества встроенных типов имеются подобные специфические приведения, в основном из-за требований стандарта SQL.)

Хотя это и не обязательно, но рекомендуется следовать старому соглашению называть функции, реализующие приведение, по целевому типу данных. Многие привыкли выполнять преобразование типов данных, записывая его в стиле функций, т. е. *имя_типа*(*x*). Эта запись на самом деле ни больше ни меньше как просто вызов функции, реализующей приведение; такой вызов не воспринимается как именно приведение. Если называть функции, не следуя этому соглашению, это может оказаться неожиданным для пользователей. Так как PostgreSQL позволяет перегружать одно и то же имя функции с разными типами аргументов, ничто не мешает создать множество функций приведения разных типов к одному, названных по имени этого целевого типа.

Примечание

Вообще говоря, в предыдущем абзаце допущено некоторое упрощение: есть два случая, когда конструкция с вызовом функции исполняется как приведение, без сопоставления с фактической функцией. Если вызову функции *имя*(*x*) в точности не соответствует существующая функция, но имеется тип данных *имя* и в `pg_cast` есть двоично-сводимое приведение типа *x* к этому типу, такой вызов будет воспринят как приведение. Это исключение введено, чтобы двоично-сводимое приведение можно было вызывать, используя синтаксис функций, несмотря на то, что никакой функции преобразования у него нет. Аналогично, если запись приведения в `pg_cast` отсутствует, но в случае приведения это было бы преобразование в/из строкового типа, такой вызов будет выполнен как преобразование ввода/вывода. Это исключение позволяет вызывать преобразование ввода/вывода, используя синтаксис вызова функции.

Примечание

Но есть исключение и из этого исключения: преобразование ввода/вывода из составных типов в строковые нельзя вызвать в виде функции, его необходимо записать как явное приведение (используя `CAST` или запись `::`). Это исключение было добавлено, потому что после введения автоматически предоставляемых преобразований ввода/вывода, оказалось слишком легко случайно вызвать такое приведение, тогда как имелась в виду ссылка на столбец или функцию.

Примеры

Создание приведения присваивания типа `bigint` к типу `int4` с помощью функции `int4(bigint)`:

```
CREATE CAST (bigint AS int4) WITH FUNCTION int4(bigint) AS ASSIGNMENT;
```

(Это приведение уже предопределено в системе.)

Совместимость

Команда `CREATE CAST` соответствует стандарту SQL, за исключением того, что в стандарте ничего не говорится о двоично-сводимых типах и дополнительных аргументах реализующих функций. Указание `AS IMPLICIT` тоже является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE FUNCTION, CREATE TYPE, DROP CAST

CREATE COLLATION

CREATE COLLATION — создать правило сортировки

Синтаксис

```
CREATE COLLATION [ IF NOT EXISTS ] имя (
    [ LOCALE = локаль, ]
    [ LC_COLLATE = категория_сортировки, ]
    [ LC_CTYPE = категория_типов_символов, ]
    [ PROVIDER = провайдер, ]
    [ DETERMINISTIC = boolean, ]
    [ VERSION = версия ]
)
CREATE COLLATION [ IF NOT EXISTS ] имя FROM существующее_правило
```

Описание

`CREATE COLLATION` определяет новое правило сортировки, используя параметры локали операционной системы, либо копируя существующее правило.

Чтобы создать правило сортировки, необходимо иметь право `CREATE` в целевой схеме.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если правило сортировки с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее правило сортировки как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя

Имя правила сортировки, возможно, дополненное схемой. Если схема не указана, правило сортировки создаётся в текущей схеме. Заданное имя правила должно быть уникальным в этой схеме. (Системные каталоги могут содержать правила сортировки с одним именем, но предназначенные для разных кодировок, однако они будут игнорироваться, если их кодировка не совпадает с кодировкой базы данных.)

локаль

Это краткая запись для одновременной установки `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`. Если указан этот вариант, задать любой из этих параметров отдельно нельзя.

категория_сортировки

Указанная локаль операционной системы устанавливается в качестве категории локали `LC_COLLATE`.

категория_типов_символов

Указанная локаль операционной системы устанавливается в качестве категории локали `LC_CTYPE`.

провайдер

Задаёт провайдер, который будет использоваться для функций локализации, связанных с данным правилом сортировки. Возможные значения: `icu`, `libc`. По умолчанию выбирается `libc`. Набор доступных значений зависит от операционной системы и параметров сборки.

`DETERMINISTIC`

Определяет, будет ли правило сортировки использовать детерминированное сравнение. По умолчанию выбирается именно такое сравнение. При детерминированном сравнении строки, состоящие из различных байтов, считаются неравными, даже если на логическом уровне они одинаковы. PostgreSQL решает вопрос их равенства, сравнивая их по байтам. Если же для правила сортировки выбрать недетерминированное сравнение, это правило может стать, например, независящим от ударения или регистра символов. Для этого необходимо выбрать подходящее значение `LOCALE` *и* сделать это правило сортировки недетерминированным.

Недетерминированные правила сортировки поддерживаются только с провайдером ICU.

версия

Задаёт строку версии, сохраняемую с правилом сортировки. Обычно её не следует задавать — тогда эта версия будет получена из фактической версии правила сортировки, сообщённой операционной системой. Это указание предназначено для того, чтобы команда `pg_upgrade` смогла скопировать версию из существующей инсталляции.

Что делать при несовпадении версий правил сортировки, описано в ALTER COLLATION.

существующее_правило

Имя копируемого существующего правила сортировки. Новое правило сортировки получит те же свойства, что и существующее, но будет независимым объектом.

Примечания

Команда `CREATE COLLATION` устанавливает блокировку `SHARE ROW EXCLUSIVE` в системном каталоге `pg_collation`. Эта блокировка конфликтует с такой же, поэтому в один момент времени может выполняться только одна команда `CREATE COLLATION`.

Для удаления созданных пользователем правил сортировки применяется команда `DROP COLLATION`.

Подробнее узнать о создании правил сортировки можно в Подразделе 23.2.2.3.

Когда используется провайдер `libc`, локаль должна быть применимой к кодировке текущей базы данных. Точные правила описаны в CREATE DATABASE.

Примеры

Создание правила сортировки из локали операционной системы `fr_FR.utf8` (предполагается, что кодировка текущей базы данных — `UTF8`):

```
CREATE COLLATION french (locale = 'fr_FR.utf8');
```

Создание правила сортировки с порядком, принятым в Германии для телефонных книг, с использованием провайдера ICU:

```
CREATE COLLATION german_phonebook (provider = icu, locale = 'de-u-co-phonebk');
```

Создание правила сортировки из уже существующего:

```
CREATE COLLATION german FROM "de_DE";
```

Иногда удобно использовать в приложениях имена правил сортировки, не зависящие от операционной системы.

Совместимость

Оператор `CREATE COLLATION` определён в стандарте SQL, но его действие ограничено копированием существующего правила сортировки. Синтаксис создания нового правила сортировки представляет собой расширение PostgreSQL.

См. также

ALTER COLLATION, DROP COLLATION

CREATE CONVERSION

CREATE CONVERSION — создать перекодировку

Синтаксис

```
CREATE [ DEFAULT ] CONVERSION имя
    FOR исходная_кодировка TO целевая_кодировка FROM имя_функции
```

Описание

`CREATE CONVERSION` определяет новую перекодировку между двумя наборами символов.

Перекодировки, помеченные как `DEFAULT`, могут применяться для автоматического преобразования кодировки между клиентом и сервером. Чтобы такое преобразование было возможно, должны быть определены две перекодировки: из кодировки A в B *и* из кодировки B в A.

Чтобы создать перекодировку, необходимо иметь право `EXECUTE` для реализующей функции и право `CREATE` в целевой схеме.

Параметры

`DEFAULT`

Предложение `DEFAULT` показывает, что эта перекодировка должна использоваться по умолчанию для преобразования заданной исходной кодировки в целевую. Для каждой пары кодировок может быть только одна перекодировка по умолчанию.

имя

Имя перекодировки, возможно, дополненное схемой. Если схема не указана, перекодировка создаётся в текущей схеме. Имя перекодировки должно быть уникально в этой схеме.

исходная_кодировка

Имя исходной кодировки.

целевая_кодировка

Имя целевой кодировки.

имя_функции

Функция, выполняющая перекодирование. Имя функции может быть дополнено схемой, в противном случае для поиска функции просматривается путь поиска.

Функция должна иметь следующую сигнатуру:

```
conv_proc(
    integer,  -- идентификатор исходной кодировки
    integer,  -- идентификатор целевой кодировки
    cstring,  -- исходная строка (строка, завершающаяся 0, как в C)
    internal, -- целевая строка (заполняется строкой, завершающейся 0, как в C)
    integer   -- длина исходной строки
) RETURNS void;
```

Примечания

И исходная, и целевая кодировки должны отличаться от `SQL_ASCII`, так как поведение сервера с «кодировкой» `SQL_ASCII` предопределено.

Для удаления перекодировок, созданных пользователем, применяется `DROP CONVERSION`.

Набор прав, требуемых для создания перекодировки, может измениться в будущих версиях.

Примеры

Создание перекодировки из кодировки `UTF8` в `LATIN1` с использованием функции `myfunc`:

```
CREATE CONVERSION myconv FOR 'UTF8' TO 'LATIN1' FROM myfunc;
```

Совместимость

Оператор `CREATE CONVERSION` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL отсутствует оператор `CREATE CONVERSION`, но есть очень похожий по предназначению и синтаксису оператор `CREATE TRANSLATION`.

См. также

ALTER CONVERSION, CREATE FUNCTION, DROP CONVERSION

CREATE DATABASE

CREATE DATABASE — создать базу данных

Синтаксис

```
CREATE DATABASE имя
    [ WITH ] [ OWNER [=] имя_пользователя ]
           [ TEMPLATE [=] шаблон ]
           [ ENCODING [=] кодировка ]
           [ LOCALE [=] локаль ]
           [ LC_COLLATE [=] категория_сортировки ]
           [ LC_CTYPE [=] категория_типов_символов ]
           [ TABLESPACE [=] табл_пространство ]
           [ ALLOW_CONNECTIONS [=] разр_подключения ]
           [ CONNECTION LIMIT [=] предел_подключений ]
           [ IS_TEMPLATE [=] это_шаблон ]
```

Описание

Команда `CREATE DATABASE` создаёт базу данных PostgreSQL.

Чтобы создать базу данных, необходимо быть суперпользователем или иметь специальное право `CREATEDB`. См. CREATE ROLE.

По умолчанию новая база данных создаётся копированием стандартной системной базы данных `template1`. Задать другой шаблон можно, добавив указание `TEMPLATE` *имя*. В частности, написав `TEMPLATE template0`, можно создать чистую базу данных (в которой никаких пользовательских объектов нет, есть только системные объекты в первозданном виде), содержащую только стандартные объекты, предопределённые установленной версией PostgreSQL. Это бывает полезно, когда копировать в новую базу любые дополнительные объекты, добавленные локально в `template1`, нежелательно.

Параметры

имя

Имя создаваемой базы данных.

имя_пользователя

Имя пользователя (роли), назначаемого владельцем новой базы данных, либо `DEFAULT`, чтобы владельцем стал пользователь по умолчанию (а именно, пользователь, выполняющий команду). Чтобы создать базу данных и сделать её владельцем другую роль, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом этой роли, либо суперпользователем.

шаблон

Имя шаблона, из которого будет создаваться новая база данных, либо `DEFAULT`, чтобы выбрать шаблон по умолчанию (`template1`).

кодировка

Кодировка символов в новой базе данных. Укажите строковую константу (например, `'SQL_ASCII'`) или целочисленный номер кодировки, либо `DEFAULT`, чтобы выбрать кодировку по умолчанию (а именно, кодировку шаблона). Наборы символов, которые поддерживает PostgreSQL, перечислены в Подразделе 23.3.1. Дополнительные ограничения описаны ниже.

локаль

Краткий вариант определения значения для двух параметров `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE` сразу. Он исключает отдельное указание любого из этих параметров.

> **Подсказка**
>
> Другие параметры локали lc_messages, lc_monetary, lc_numeric и lc_time задаются не на уровне базы данных и этой командой не устанавливаются. Чтобы изменить их значения по умолчанию для конкретной базы, воспользуйтесь командой `ALTER DATABASE ... SET`.

категория_сортировки

Порядок сортировки (`LC_COLLATE`), который будет использоваться в новой базе данных. Этот параметр определяет порядок сортировки строк, например, в запросах с ORDER BY, а также порядок индексов по текстовым столбцам. По умолчанию используется порядок сортировки, установленный в шаблоне. Дополнительные ограничения описаны ниже.

категория_типов_символов

Классификация символов (`LC_CTYPE`), которая будет применяться в новой базе данных. Этот параметр определяет принадлежность символов категориям, например: строчные, заглавные, цифры и т. п. По умолчанию используется классификация символов, установленная в шаблоне. Дополнительные ограничения описаны ниже.

табл_пространство

Имя табличного пространства, связываемого с новой базой данных, или `DEFAULT` для использования табличного пространства шаблона. Это табличное пространство будет использоваться по умолчанию для объектов, создаваемых в этой базе. За подробностями обратитесь к CREATE TABLESPACE.

разр_подключения

Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных. По умолчанию имеет значение true, то есть подключения принимаются (если не ограничиваются другими механизмами, например, `GRANT`/`REVOKE CONNECT`).

предел_подключений

Максимальное количество одновременных подключений к этой базе данных. Значение -1 (по умолчанию) снимает ограничение.

это_шаблон

Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами `CREATEDB`; в противном случае (по умолчанию), клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.

Дополнительные параметры могут записываться в любом порядке, не обязательно так, как показано выше.

Примечания

`CREATE DATABASE` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Ошибки, содержащие сообщение «не удалось инициализировать каталог базы данных», чаще всего связаны с нехваткой прав в каталоге данных, заполнением диска или другими проблемами в файловой системе.

Для удаления базы данных применяется DROP DATABASE.

Программа createdb представляет собой оболочку этой команды, созданную ради удобства.

Конфигурационные параметры уровня базы данных (устанавливаемые командой ALTER DATABASE) и разрешения уровня базы (устанавливаемые командой GRANT) из шаблона не копируются.

Хотя с помощью этой команды можно скопировать любую базу данных, а не только template1, указав её имя в качестве имени шаблона, она не предназначена (пока) для использования в качестве универсального средства вроде «COPY DATABASE». Принципиальным ограничением является невозможность копирования базы данных шаблона, если установлены другие подключения к ней. CREATE DATABASE выдаёт ошибку, если при запуске команды есть другие подключения к этой базе; в противном случае новые подключения к базе блокируются до завершения команды CREATE DATABASE. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 22.3.

Кодировка символов, указанная для новой базы данных, должна быть совместима с выбранными параметрами локали (LC_COLLATE и LC_CTYPE). Если выбрана локаль C (или равнозначная ей POSIX), допускаются все кодировки, но для других локалей правильно будет работать только одна кодировка. (В Windows, однако, кодировку UTF-8 можно использовать с любой локалью.) CREATE DATABASE позволяет суперпользователям указать кодировку SQL_ASCII вне зависимости от локали, но этот вариант считается устаревшим и может привести к ошибочному поведению строковых функций, если в базе хранятся данные в кодировке, несовместимой с заданной локалью.

Параметры локали и кодировка должны соответствовать тем, что установлены в шаблоне, если только это не template0. Это ограничение объясняется тем, что другие базы данных могут содержать данные в кодировке, отличной от заданной, или индексы, порядок сортировки которых определяются параметрами LC_COLLATE и LC_CTYPE. При копировании таких данных получится база, которая будет испорченной согласно новым параметрам локали. Однако template0 определённо не содержит какие-либо данные или индексы, зависящие от кодировки или локали.

Ограничение CONNECTION LIMIT действует только приблизительно; если одновременно запускаются два сеанса, тогда как в базе остаётся только одно «свободное место», может так случиться, что будут отклонены оба подключения. Кроме того, это ограничение не распространяется на суперпользователей и фоновые рабочие процессы.

Примеры

Создание базы данных:

```
CREATE DATABASE lusiadas;
```

Создание базы данных sales, принадлежащей пользователю salesapp, с табличным пространством по умолчанию salesspace:

```
CREATE DATABASE sales OWNER salesapp TABLESPACE salesspace;
```

Создание базы данных music с другой локалью:

```
CREATE DATABASE music
    LOCALE 'sv_SE.utf8'
    TEMPLATE template0;
```

В этом примере предложение TEMPLATE template0 необходимо, только если указанная локаль отличается от локали в template1. (В противном случае явное указание локали является избыточным.)

Создание базы данных music2 с другой локалью и другой кодировкой символов:

```
CREATE DATABASE music2
    LOCALE 'sv_SE.iso885915'
    ENCODING LATIN9
    TEMPLATE template0;
```

Свойства кодировки должны соответствовать локали, иначе возникнет ошибка.

Заметьте, что имена локалей зависят от операционной системы, так что показанные выше команды могут не везде работать одинаково.

Совместимость

Оператор `CREATE DATABASE` отсутствует в стандарте SQL. Базы данных равнозначны каталогам, а их создание в стандарте определяется реализацией.

См. также

ALTER DATABASE, DROP DATABASE

CREATE DOMAIN

CREATE DOMAIN — создать домен

Синтаксис

```
CREATE DOMAIN имя [ AS ] тип_данных
    [ COLLATE правило_сортировки ]
    [ DEFAULT выражение ]
    [ ограничение [ ... ] ]

Здесь ограничение:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL | NULL | CHECK (выражение) }
```

Описание

`CREATE DOMAIN` создаёт новый домен. Домен по сути представляет собой тип данных с дополнительными условиями (ограничивающими допустимый набор значений). Владельцем домена становится пользователь его создавший.

Если задаётся имя схемы (например, `CREATE DOMAIN myschema.mydomain ...`), домен создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Имя домена должно быть уникальным среди имён типов и доменов, существующих в этой схеме.

Домены полезны для абстрагирования и вынесения общих характеристик разных полей в единое место для упрощения сопровождения. Например, в нескольких таблицах может присутствовать столбец, содержащий электронный адрес, и для всех требуются одинаковые ограничения CHECK, проверяющие синтаксис адреса. В этом случае лучше определить домен, а не задавать для каждой таблицы отдельные ограничения.

Чтобы создать домен, необходимо иметь право `USAGE` для нижележащего типа.

Параметры

имя

Имя создаваемого домена (возможно, дополненное схемой).

тип_данных

Нижележащий тип данных домена (может включать определение массива с этим типом).

правило_сортировки

Необязательное указание правила сортировки для домена. Если это указание отсутствует, в домене используется правило сортировки нижележащего типа данных. Указать `COLLATE` можно, только если нижележащий тип данных является сортируемым.

`DEFAULT` *выражение*

Предложение `DEFAULT` определяет значение по умолчанию для столбцов, типом данных которых является этот домен. Значением может быть любое выражение без переменных (подзапросы также не допускаются). Тип данных этого выражения должен соответствовать типу данных домена. Если значение по умолчанию не указано, им будет значение NULL.

Значение по умолчанию будет использоваться в любой операции добавления строк, в которой не задано значение для этого столбца. Если значение по умолчанию установлено для конкретного столбца, оно будет переопределять значение по умолчанию, связанное с доменом. В свою очередь, значение по умолчанию для домена переопределяет любое значение по умолчанию, связанное с нижележащим типом данных.

`CONSTRAINT` *имя_ограничения*

Имя ограничения. Если не указано явно, имя будет сгенерировано системой.

`NOT NULL`

Значения этого домена будут отличны от NULL (но см. замечания ниже).

`NULL`

Этот домен может содержать значение NULL. Это свойство домена по умолчанию.

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

`CHECK (`*выражение*`)`

Предложения `CHECK` задают ограничения целостности или проверки, которым должны удовлетворять значения домена. Каждое ограничение должно представлять собой выражение, выдающее результат типа Boolean. Проверяемое значение в этом выражении обозначается ключевым словом `VALUE`. Если выражение выдаёт FALSE, сообщается об ошибке и приведение значения к типу домена запрещается.

В настоящее время выражения `CHECK` не могут содержать переменные, кроме `VALUE`, и подзапросы.

Когда для домена задано несколько ограничений `CHECK`, они будут проверяться в алфавитном порядке имён. (До версии 9.5 в PostgreSQL не было установлено никакого определённого порядка обработки ограничений `CHECK`.)

Примечания

Ограничения домена, в частности `NOT NULL`, проверяются при преобразовании значения к типу домена. Однако из столбца, который номинально имеет тип домена, всё же можно прочитать NULL, несмотря на такое ограничение. Например, это может происходить в запросе внешнего соединения, если столбец домена окажется в обнуляемой стороне внешнего соединения. Более тонкий пример:

```
INSERT INTO tab (domcol) VALUES ((SELECT domcol FROM tab WHERE false));
```

Пустой скалярный вложенный SELECT выдаст значение NULL, типом которого будет считаться домен, так что к этому значению не будут применены дополнительные проверки ограничений и строка будет успешно добавлена.

Избежать таких проблем очень сложно, так как в SQL вообще предполагается, что значение NULL является подходящим для любого типа данных. Таким образом, лучше всего разрабатывать ограничения так, чтобы значения NULL допускались, а затем при необходимости применять ограничения `NOT NULL` к столбцам доменного типа, а не непосредственно к самому этому типу.

В PostgreSQL предполагается, что условия ограничений `CHECK` являются постоянными, то есть при одинаковых входных значениях они всегда выдают одинаковый результат. Именно этим предположением оправдывается то, что ограничения `CHECK` проверяются только при первом преобразовании значения в тип домена, а не при каждом обращении к нему. (По сути таким же образом обрабатываются ограничения `CHECK` для таблиц, как описано в Подразделе 5.4.1.)

Однако это предположение может нарушаться, как часто бывает, когда в выражении `CHECK` используется пользовательская функция, поведение которой впоследствии меняется. PostgreSQL не запрещает этого, и если сохранённые значения типа домена перестанут удовлетворять ограничению `CHECK`, это останется незамеченным. В итоге при попытке загрузить выгруженные позже данные могут возникнуть проблемы. Поэтому подобные изменения рекомендуется осуществлять следующим образом: удалить ограничение (используя ALTER DOMAIN), изменить определение функции, а затем пересоздать ограничение той же командой, которая при этом перепроверит сохранённые данные.

Примеры

В этом примере создаётся тип данных us_postal_code (почтовый индекс США), который затем используется в определении таблицы. Для проверки значения на соответствие формату почтовых индексов США применяется проверка с регулярными выражениями:

```
CREATE DOMAIN us_postal_code AS TEXT
CHECK(
   VALUE ~ '^\d{5}$'
OR VALUE ~ '^\d{5}-\d{4}$'
);

CREATE TABLE us_snail_addy (
  address_id SERIAL PRIMARY KEY,
  street1 TEXT NOT NULL,
  street2 TEXT,
  street3 TEXT,
  city TEXT NOT NULL,
  postal us_postal_code NOT NULL
);
```

Совместимость

Команда CREATE DOMAIN соответствует стандарту SQL.

См. также

ALTER DOMAIN, DROP DOMAIN

CREATE EVENT TRIGGER

CREATE EVENT TRIGGER — создать событийный триггер

Синтаксис

```
CREATE EVENT TRIGGER имя
    ON событие
    [ WHEN переменная_фильтра IN (значение_фильтра [, ... ]) [ AND ... ] ]
    EXECUTE { FUNCTION | PROCEDURE } имя_функции()
```

Описание

`CREATE EVENT TRIGGER` создаёт новый событийный триггер. Функция триггера выполняется, когда происходит указанное событие и удовлетворяется связанное с триггером условие `WHEN` (если такое имеется). За вводной информацией по триггерам обратитесь к Главе 39. Владельцем триггера становится пользователь его создавший.

Параметры

имя

Имя, назначаемое новому триггеру. Это имя должно быть уникальным в базе данных.

событие

Имя события, при котором срабатывает триггер и вызывается заданная функция. Подробнее об именах событий можно узнать в Разделе 39.1.

переменная_фильтра

Имя переменной, применяемой для фильтрования событий. Это указание позволяет ограничить срабатывание триггера подмножеством случаев, в которых он поддерживается. В настоящее время единственно возможное значение параметра *переменная_фильтра* — `TAG`.

значение_фильтра

Список значений связанного параметра *переменная_фильтра*, для которых должен срабатывать триггер. Для переменной `TAG` это список меток команд (например, `'DROP FUNCTION'`).

имя_функции

Заданная пользователем функция, объявленная как функция без аргументов и возвращающая тип `event_trigger`.

В синтаксисе `CREATE EVENT TRIGGER` ключевые слова `FUNCTION` и `PROCEDURE` равнозначны, но указываемая функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово `PROCEDURE` здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

Примечания

Создавать событийные триггеры могут только суперпользователи.

Событийные триггеры не вызываются в однопользовательском режиме (см. postgres). Если ошибочный событийный триггер заблокировал работу с базой данных так, что даже удалить его нельзя, перезапустите сервер в однопользовательском режиме и это можно будет сделать.

Примеры

Триггер, запрещающий выполнение любой команды DDL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION abort_any_command()
  RETURNS event_trigger
 LANGUAGE plpgsql
  AS $$
BEGIN
  RAISE EXCEPTION 'command % is disabled', tg_tag;
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER abort_ddl ON ddl_command_start
   EXECUTE FUNCTION abort_any_command();
```

Совместимость

Оператор `CREATE EVENT TRIGGER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER EVENT TRIGGER, DROP EVENT TRIGGER, CREATE FUNCTION

CREATE EXTENSION

CREATE EXTENSION — установить расширение

Синтаксис

```
CREATE EXTENSION [ IF NOT EXISTS ] имя_расширения
    [ WITH ] [ SCHEMA имя_схемы ]
             [ VERSION версия ]
             [ CASCADE ]
```

Описание

`CREATE EXTENSION` загружает в текущую базу данных новое расширение. Расширение с таким именем не должно быть уже загружено.

Загрузка расширения по сути сводится к запуску скрипта расширения. Этот скрипт обычно создаёт новые SQL-объекты, такие как функции, типы данных, операторы и методы поддержки индексов. `CREATE EXTENSION` дополнительно записывает идентификаторы всех добавляемых объектов, так что впоследствии их можно удалить, выполнив команду `DROP EXTENSION`.

Пользователь, выполняющий `CREATE EXTENSION`, становится владельцем самого расширения, что определяет его права в дальнейшем, а также обычно он становится владельцем всех объектов, созданных скриптом расширения.

Для загрузки расширения как правило требуются те же права, что необходимы для создания составляющих его объектов. Для многих расширений это означает, что необходимы права суперпользователя. Однако если расширение помечено как `trusted` (*доверенное*) в своём управляющем файле, его может установить любой пользователь, имеющий в базе данных право `CREATE`. В этом случае сам объект расширения будет принадлежать вызывающему пользователю, но владельцем содержащихся в нём объектов будет начальный суперпользователь (если только вызывающий пользователь не назначается их владельцем в скрипте расширения). Такая схема даёт вызывающему пользователю возможность удалить расширение, но не модифицировать отдельные объекты внутри него.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если расширение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее расширение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано из указанного скрипта.

имя_расширения

Имя устанавливаемого расширения. PostgreSQL создаст расширение, используя инструкции из файла `SHAREDIR/extension/`*имя_расширения*`.control`.

имя_схемы

Имя схемы, в которую будут установлены объекты расширения (подразумевается, что расширение позволяет управлять размещением своих объектов). Указанная схема должна уже существовать. Если имя не указано и в управляющем файле расширения оно так же не задано, для создания объектов используется текущая схема.

Если в управляющем файле расширения задаётся параметр `schema`, заданную схему нельзя переопределить предложением `SCHEMA`. Обычно при указании предложения `SCHEMA` возникает ошибка, если эта схема конфликтует с параметром `schema` данного расширения. Однако если также задаётся предложение `CASCADE`, в случае конфликта *имя_схемы* игнорируется. Заданное *имя_схемы* будет использоваться для установки всех необходимых расширений, в управляющих файлах которых не задаётся `schema`.

Помните, что само расширение не считается принадлежащим какой-либо схеме; имена расширений не дополняются схемой и потому должны быть уникальными во всей базе данных. Однако объекты, принадлежащие расширениям, могут относиться к схемам.

версия

Версия устанавливаемого расширения. Её можно записать в виде идентификатора или строкового значения. По умолчанию версия считывается из управляющего файла расширения.

`CASCADE`

Автоматически устанавливать все расширения, от которого зависит данное, если они ещё не установлены. Их зависимости подобным образом рекурсивно устанавливаются автоматически. Предложение `SCHEMA`, если задано, применяется ко всем расширениям, устанавливаемым таким способом. Другие параметры оператора к автоматически устанавливаемым расширениям не применяются; в частности, всегда выбираются их версии по умолчанию.

Примечания

Прежде чем вы сможете выполнить `CREATE EXTENSION` и загрузить расширение в базу данных, необходимо правильно установить сопутствующие файлы расширения. Информацию об установке расширений, поставляемых в составе PostgreSQL, можно найти по ссылке Дополнительные поставляемые модули.

Расширения, доступные для установки в данный момент, можно найти в системном представлении `pg_available_extensions` или `pg_available_extension_versions`.

Внимание

Устанавливая расширение от имени суперпользователя, важно иметь уверенность в том, что автор расширения написал установочный скрипт безопасным образом. Для злонамеренного пользователя не составит большого труда создать объект типа троянского коня, который впоследствии скомпрометирует выполнение неаккуратно написанного скрипта расширения и позволит этому пользователю стать суперпользователем. Однако такие объекты опасны, только если они находятся в пути `search_path` во время выполнения скрипта, то есть, если они находятся в схеме, в которую устанавливается расширение, или в схеме, где располагается другое расширение, от которого зависит первое. Таким образом, имея дело с расширениями, скрипты которых не были тщательно проверены, рекомендуется устанавливать их только в те схемы, в которых недоверенные пользователи не имеют и не будут иметь права CREATE. То же самое касается их зависимостей, других расширений.

Расширения, поставляемые в составе PostgreSQL, можно считать защищёнными от подобного рода атак времени выполнения, за исключением некоторых, зависящих от других расширений. Как отмечается в документации таких расширений, их следует устанавливать в безопасные схемы и/или в те же схемы, в которые устанавливаются требующиеся им расширения.

За информацией для разработчиков расширений обратитесь к Разделу 37.17.

Примеры

Установка расширения hstore в текущую базу данных (при этом объекты расширения размещаются в схеме `addons`):

```
CREATE EXTENSION hstore SCHEMA addons;
```

Другой способ сделать то же самое:

```
SET search_path = addons;
CREATE EXTENSION hstore;
```

Совместимость

CREATE EXTENSION является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER EXTENSION, DROP EXTENSION

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER — создать новую обёртку сторонних данных

Синтаксис

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER имя
    [ HANDLER функция_обработчик | NO HANDLER ]
    [ VALIDATOR функция_проверки | NO VALIDATOR ]
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE FOREIGN DATA WRAPPER` создаёт обёртку сторонних данных. Владельцем обёртки становится создавший её пользователь.

Имя обёртки сторонних данных должно быть уникальным в базе данных.

Создавать обёртки сторонних данных могут только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя создаваемой обёртки сторонних данных.

`HANDLER` *функция_обработчик*

В аргументе *функция_обработчик* указывается имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для получения функций, реализующих обращения к сторонним таблицам. Функция-обработчик не принимает аргументы и возвращает результат типа `fdw_handler`.

Обёртку сторонних таблиц можно создать и без функции-обработчика, но через такую обёртку нельзя будет использовать сторонние таблицы, хотя объявить их вполне возможно.

`VALIDATOR` *функция_проверки*

В аргументе *функция_проверки* указывается имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для проверки общих параметров, передаваемых обёртке сторонних данных, а также параметров сторонних серверов, сопоставлений пользователей и сторонних таблиц, доступных через эту обёртку. Если функция проверки не задана или указано `NO VALIDATOR`, параметры не будут проверяться во время создания объектов. (Обёртка сторонних данных может игнорировать или не принимать неверные указания параметров во время выполнения, в зависимости от реализации.) Функция проверки должна принимать два аргумента: первый типа `text[]` (в нём содержится массив параметров, хранящихся в системном каталоге), а второй типа `oid` (в нём указывается OID системного каталога с этими параметрами). Возвращаемое значение игнорируется; функция проверки должна сообщать о неверных параметрах, вызывая системную функцию `ereport(ERROR)`.

`OPTIONS (` *параметр* `'`*значение*`' [, ... ] )`

Это предложение определяет параметры для создаваемой обёртки сторонних данных. Набор допустимых параметров и значений для каждой обёртки свой, контроль их правильности осуществляет функция проверки сторонних данных. Имена параметров должны быть уникальными.

Примечания

Функциональность PostgreSQL по работе со сторонними данными продолжает активно развиваться. На данный момент выполняется только примитивная оптимизация запросов (и по большей части это тоже делает обёртка), так что в этом направлении есть поле для улучшения производительности.

Примеры

Создание бесполезной обёртки сторонних данных `dummy`:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER dummy;
```

Создание обёртки сторонних данных `file` с функцией-обработчиком `file_fdw_handler`:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER file HANDLER file_fdw_handler;
```

Создание обёртки сторонних данных `mywrapper` с параметрами:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER mywrapper
    OPTIONS (debug 'true');
```

Совместимость

`CREATE FOREIGN DATA WRAPPER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), за исключением того, что предложения `HANDLER` и `VALIDATOR` стандартом не предусмотрены, а предложения `LIBRARY` и `LANGUAGE`, напротив, не реализованы в PostgreSQL.

Учтите, однако, что функциональность SQL/MED в целом ещё не обеспечивается.

См. также

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER, DROP FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE SERVER, CREATE USER MAPPING, CREATE FOREIGN TABLE

CREATE FOREIGN TABLE

CREATE FOREIGN TABLE — создать стороннюю таблицу

Синтаксис

```
CREATE FOREIGN TABLE [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы ( [
  { имя_столбца тип_данных [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
    [, ... ]
] )
[ INHERITS ( таблица_родитель [, ... ] ) ]
  SERVER имя_сервера
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]

CREATE FOREIGN TABLE [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы
  PARTITION OF таблица_родитель [ (
  { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
    [, ... ]
) ]
{ FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
  SERVER имя_сервера
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]

Здесь ограничение_столбца:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
  NULL |
  CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  DEFAULT выражение_по_умолчанию |
  GENERATED ALWAYS AS ( генерирующее_выражение ) STORED }

и ограничение_таблицы:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ]

и указание_границ_секции:

IN ( выражение_границ_секции [, ...] ) |
FROM ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] )
  TO ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] ) |
WITH ( MODULUS числовая_константа, REMAINDER числовая_константа )
```

Описание

`CREATE FOREIGN TABLE` создаёт новую стороннюю таблицу в текущей базе данных. Владельцем таблицы будет пользователь, выполнивший эту команду.

Если указано имя схемы (например, `CREATE FOREIGN TABLE myschema.mytable ...`), таблица будет создана в этой схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме. Имя сторонней таблицы должно отличаться от имён других сторонних и обычных таблиц, последовательностей, индексов, представлений и материализованных представлений, существующих в этой схеме.

CREATE FOREIGN TABLE также автоматически создаёт составной тип данных, соответствующий одной строке сторонней таблицы. Таким образом, имя сторонней таблицы не может совпадать с именем существующего типа в этой же схеме.

Если указано предложение PARTITION OF, таблица создаётся в виде секции parent_table с указанными границами.

Чтобы создать стороннюю таблицу, необходимо иметь право USAGE для стороннего сервера, а также право USAGE для всех типов столбцов, содержащихся в таблице.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца, создаваемого в новой таблице.

тип_данных

Тип данных столбца (может включать определение массива с этим типом). За дополнительными сведениями о типах данных, которые поддерживает PostgreSQL, обратитесь к Главе 8.

COLLATE *правило_сортировки*

Предложение COLLATE назначает правило сортировки для столбца (который должен иметь тип, поддерживающий сортировку). Если оно отсутствует, используется правило сортировки по умолчанию, установленное для типа данных столбца.

INHERITS (*таблица_родитель* [, ...])

Необязательное предложение INHERITS определяет список таблиц, от которых новая сторонняя таблица будет автоматически наследовать все столбцы. Родительскими таблицами могут быть обычные или сторонние таблицы. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы CREATE TABLE.

PARTITION OF *таблица_родитель* { FOR VALUES *указание_границ_секции* | DEFAULT }

Эта форма может использоваться для создания сторонней таблицы в виде секции указанной родительской таблицы с заданными граничными значениями. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы команды CREATE TABLE. Заметьте, что в настоящее время не допускается создание сторонней таблицы в виде секции родительской таблицы, если в этой таблице есть уникальные индексы (UNIQUE). (См. также описание ALTER TABLE ATTACH PARTITION.)

CONSTRAINT *имя_ограничения*

Необязательное имя столбца или ограничения таблицы. При нарушении ограничения его имя будет выводиться в сообщении об ошибках, так что имена ограничений вида столбец должен быть положительным могут сообщить полезную информацию об ограничении клиентскому приложению. (Имена ограничений, включающие пробелы, необходимо заключать в двойные кавычки.) Если имя ограничения не указано, система генерирует имя автоматически.

NOT NULL

Данный столбец не принимает значения NULL.

`NULL`

Данный столбец может содержать значения NULL (по умолчанию).

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

`CHECK (` *`выражение`* `) [ NO INHERIT ]`

В ограничении `CHECK` задаётся выражение, возвращающее логический результат, которому должны удовлетворять все строки в сторонней таблице; то есть это выражение должно выдавать TRUE или UNKNOWN, но никогда FALSE, для всех строк в сторонней таблице. Ограничение-проверка, заданное как ограничение столбца, должно ссылаться только на значение самого столбца, тогда как ограничение на уровне таблицы может ссылаться и на несколько столбцов.

В настоящее время выражения `CHECK` не могут содержать подзапросы или ссылаться на переменные, кроме как на столбцы текущей строки. Также допустима ссылка на системный столбец `tableoid`, но не на другие системные столбцы.

Ограничение с пометкой `NO INHERIT` не будет наследоваться дочерними таблицами.

`DEFAULT` *`выражение_по_умолчанию`*

Предложение `DEFAULT` задаёт значение по умолчанию для столбца, в определении которого оно присутствует. Значение задаётся выражением без переменных (подзапросы и перекрёстные ссылки на другие столбцы текущей таблицы в нём не допускаются). Тип данных выражения, задающего значение по умолчанию, должен соответствовать типу данных столбца.

Это выражение будет использоваться во всех операциях добавления данных, в которых не задаётся значение данного столбца. Если значение по умолчанию не определено, таким значением будет NULL.

`GENERATED ALWAYS AS (` *`генерирующее_выражение`* `) STORED`

Это предложение создаёт столбец как *генерируемый*. В такой столбец нельзя записать данные, а при чтении его возвращается результат указанного выражения.

Ключевое слово `STORED` отмечает, что этот столбец будет вычисляться при записи. (Вычисленное значение будет передаваться обёртке сторонних данных, которая должна сохранить его и затем выдавать при чтении.)

Генерирующее выражение может обращаться к другим столбцам таблицы, но не к другим генерируемым столбцам. Все функции и операторы в нём должны быть постоянными. Обращаться к другим таблицам в таких выражениях нельзя.

`имя_сервера`

Имя существующего стороннего сервера, предоставляющего данную стороннюю таблицу. О создании сервера можно узнать в CREATE SERVER.

`OPTIONS (` *`параметр`* `'`*`значение`*`' [, ...] )`

Параметры, связываемые с новой сторонней таблицей или одним из её столбцов. Допустимые имена и значения параметров у каждой обёртки сторонних данных свои; они контролируются функцией проверки, связанной с этой обёрткой. Имена параметров не должны повторяться (хотя параметр таблицы и параметр столбца вполне могут иметь одно имя).

Примечания

Ограничения сторонних таблиц (например, `CHECK` и `NOT NULL`) не контролируются ядром системы PostgreSQL, как не пытаются их контролировать и большинство обёрток сторонних данных; то есть, система просто предполагает, что ограничение выполняется. Контролировать такое ограничение не имело бы большого смысла, так как оно применялось бы только к строкам, добавляемым или изменяемым через стороннюю таблицу, но не к строкам, модифицируемым другим путём, например, непосредственно на удалённом сервере. Вместо этого, ограничение, связанное со сторонней таблицей, должно представлять ограничение, выполнение которого обеспечивает удалённый сервер.

Некоторые специализированные обёртки сторонних данных могут быть единственным вариантом обращения к доступным через них данным, и в этом случае может быть уместно реализовать контроль ограничений в самой такой обёртке. Но не следует полагать, что какая-либо обёртка ведёт себя так, если об этом не сказано явно в её документации.

Хотя PostgreSQL не пытается контролировать ограничения для сторонних таблиц, он полагает, что они выполняются для целей оптимизации запросов. Если в сторонней таблице будут видны строки, не удовлетворяющие объявленному ограничению, запросы к этой таблице могут выдавать ошибки или некорректные результаты. Ответственность за фактическое выполнение условия ограничения лежит на пользователе.

Внимание

Когда сторонняя таблица используется в качестве секции секционированной таблицы, существует неявное ограничение, согласно которому её содержимое должно отвечать правилу секционирования. Обеспечивать соблюдение этого правила должен пользователь; для этого лучше всего установить соответствующее ограничение на удалённом сервере.

В секционированной таблице, содержащей секции сторонних таблиц, команда `UPDATE`, изменяющая ключ секционирования, может привести к перемещению строки из локальной секции в секцию в сторонней таблице при условии, что обёртка сторонних данных поддерживает перенаправление кортежей. Однако перемещение строки из секции в сторонней таблице в другую секцию в настоящее время невозможно. Команда `UPDATE`, вызывающая такое перемещение, прервётся ошибкой из-за ограничения секции, если на удалённом сервере установлено нужное ограничение.

Подобные соображения распространяются и на генерируемые столбцы. Сохранённые генерируемые столбцы вычисляются при добавлении или изменении данных на локальном сервере PostgreSQL и передаются обёртке сторонних данных, которая должна записать их в стороннее хранилище данных. При этом сервер не требует, чтобы возвращаемые при обращении к сторонней таблице значения генерируемых столбцов согласовывались с генерирующим выражением. Таким образом, в случае несоответствия этих значений результаты запроса могут оказаться некорректными.

Примеры

Создание сторонней таблицы `films`, которая будет доступна через сервер `film_server`:

```
CREATE FOREIGN TABLE films (
    code        char(5) NOT NULL,
    title       varchar(40) NOT NULL,
    did         integer NOT NULL,
    date_prod   date,
    kind        varchar(10),
    len         interval hour to minute
)
SERVER film_server;
```

Создание сторонней таблицы `measurement_y2016m07`, которая будет доступна через сервер `server_07`, в виде секции таблицы `measurement`, секционированной по диапазонам:

```
CREATE FOREIGN TABLE measurement_y2016m07
    PARTITION OF measurement FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO ('2016-08-01')
    SERVER server_07;
```

Совместимость

Команда `CREATE FOREIGN TABLE` в основном соответствует стандарту SQL; однако, как и `CREATE TABLE`, она допускает ограничения `NULL` и сторонние таблицы с нулём столбцов. Возможность задавать значения по умолчанию для столбцов также является расширением PostgreSQL. Наследование таблиц, в форме, определённой в PostgreSQL, стандарту не соответствует.

См. также

ALTER FOREIGN TABLE, DROP FOREIGN TABLE, CREATE TABLE, CREATE SERVER, IMPORT FOREIGN SCHEMA

CREATE FUNCTION

CREATE FUNCTION — создать функцию

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] FUNCTION
    имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ { DEFAULT |
 = } выражение_по_умолчанию ] [, ...] ] )
    [ RETURNS тип_результата
      | RETURNS TABLE ( имя_столбца тип_столбца [, ...] ) ]
  { LANGUAGE имя_языка
    | TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ]
    | WINDOW
    | { IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE }
    | [ NOT ] LEAKPROOF
    | { CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT }
    | { [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER }
    | PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
    | COST стоимость_выполнения
    | ROWS строк_в_результате
    | SUPPORT вспомогательная_функция
    | SET параметр_конфигурации { TO значение | = значение | FROM CURRENT }
    | AS 'определение'
    | AS 'объектный_файл', 'объектный_символ'
  } ...
```

Описание

Команда `CREATE FUNCTION` определяет новую функцию. `CREATE OR REPLACE FUNCTION` создаёт новую функцию, либо заменяет определение уже существующей. Чтобы определить функцию, необходимо иметь право `USAGE` для соответствующего языка.

Если указано имя схемы, функция создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Имя новой функции должно отличаться от имён существующих функций или процедур с такими же типами аргументов в этой схеме. Однако функции и процедуры с аргументами разных типов могут иметь одно имя (это называется *перегрузкой*).

Чтобы заменить текущее определение существующей функции, используйте команду `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Но учтите, что она не позволяет изменить имя или аргументы функции (если попытаться сделать это, на самом деле будет создана новая, независимая функция). Кроме того, `CREATE OR REPLACE FUNCTION` не позволит изменить тип результата существующей функции. Чтобы сделать это, придётся удалить функцию и создать её заново. (Это означает, что если функция имеет выходные параметры (`OUT`), то изменить типы параметров `OUT` можно, только удалив функцию.)

Когда команда `CREATE OR REPLACE FUNCTION` заменяет существующую функцию, владелец и права доступа к этой функции не меняются. Все другие свойства функции получают значения, задаваемые командой явно или по умолчанию. Чтобы заменить функцию, необходимо быть её владельцем (или быть членом роли-владельца).

Если вы удалите и затем вновь создадите функцию, новая функция станет другой сущностью, отличной от старой; вам потребуется так же удалить существующие правила, представления, триггеры и т. п., ссылающиеся на старую функцию. Поэтому, чтобы изменить определение функции, сохраняя ссылающиеся на неё объекты, следует использовать `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Кроме того, многие дополнительные свойства существующей функции можно изменить с помощью `ALTER FUNCTION`.

Владельцем функции становится создавший её пользователь.

Чтобы создать функцию, необходимо иметь право `USAGE` для типов её аргументов и возвращаемого типа.

За дополнительной информацией о разработке функций обратитесь к Разделу 37.3.

Параметры

имя

Имя создаваемой функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` (входной), `OUT` (выходной), `INOUT` (входной и выходной) или `VARIADIC` (переменный). По умолчанию подразумевается `IN`. За единственным аргументом `VARIADIC` могут следовать только аргументы `OUT`. Кроме того, аргументы `OUT` и `INOUT` нельзя использовать с предложением `RETURNS TABLE`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Некоторые языки (включая SQL и PL/pgSQL) позволяют использовать это имя в теле функции. Для других языков это имя служит просто дополнительным описанием, если говорить о самой функции; однако вы можете указывать имена аргументов при вызове функции для улучшения читаемости (см. Раздел 4.3). Имя выходного аргумента в любом случае имеет значение, так как оно определяет имя столбца в типе результата. (Если вы опустите имя выходного аргумента, система выберет для него имя по умолчанию.)

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции (возможно, дополненный схемой), при наличии аргументов. Тип аргументов может быть базовым, составным или доменным, либо это может быть ссылка на столбец таблицы.

В зависимости от языка реализации также может допускаться указание «псевдотипов», например, `cstring`. Псевдотипы показывают, что фактический тип аргумента либо определён не полностью, либо существует вне множества обычных типов SQL.

Ссылка на тип столбца записывается в виде *имя_таблицы*.*имя_столбца*`%TYPE`. Иногда такое указание бывает полезно, так как позволяет создать функцию, независящую от изменений в определении таблицы.

выражение_по_умолчанию

Выражение, используемое для вычисления значения по умолчанию, если параметр не задан явно. Результат выражения должен сводиться к типу соответствующего параметра. Значения по умолчанию могут иметь только входные параметры (включая `INOUT`). Для всех входных параметров, следующих за параметром с определённым значением по умолчанию, также должны быть определены значения по умолчанию.

тип_результата

Тип возвращаемых данных (возможно, дополненный схемой). Это может быть базовый, составной или доменный тип, либо ссылка на тип столбца таблицы. В зависимости от языка реализации здесь также могут допускаться «псевдотипы», например `cstring`. Если функция не должна возвращать значение, в качестве типа результата указывается `void`.

В случае наличия параметров `OUT` или `INOUT`, предложение `RETURNS` можно опустить. Если оно присутствует, оно должно согласовываться с типом результата, выводимым из выходных параметров: в качестве возвращаемого типа указывается `RECORD`, если выходных параметров несколько, либо тип единственного выходного параметра.

Указание `SETOF` показывает, что функция возвращает множество, а не единственный элемент.

Ссылка на тип столбца записывается в виде *имя_таблицы*.*имя_столбца*%TYPE.

имя_столбца

Имя выходного столбца в записи RETURNS TABLE. По сути это ещё один способ объявить именованный выходной параметр (OUT), но RETURNS TABLE также подразумевает и RETURNS SETOF.

тип_столбца

Тип данных выходного столбца в записи RETURNS TABLE.

имя_языка

Имя языка, на котором реализована функция. Это может быть sql, c, internal, либо имя процедурного языка, определённого пользователем, например, plpgsql. Стиль написания этого имени в апострофах считается устаревшим и требует точного совпадения регистра.

TRANSFORM { FOR TYPE *имя_типа* } [, ...] }

Устанавливает список трансформаций, которые должны применяться при вызове функции. Трансформации выполняют преобразования между типами SQL и типами данных, специфичными для языков; см. CREATE TRANSFORM. Преобразования встроенных типов обычно жёстко предопределены в реализациях процедурных языков, так что их здесь указывать не нужно. Если реализация процедурного языка не может обработать тип и трансформация для него отсутствует, будет выполнено преобразование типов по умолчанию, но это зависит от реализации.

WINDOW

Указание WINDOW показывает, что создаётся не простая, а *оконная функция*. В настоящее время это имеет смысл только для функций, написанных на C. Атрибут WINDOW нельзя изменить, модифицируя впоследствии определение функции.

IMMUTABLE
STABLE
VOLATILE

Эти атрибуты информируют оптимизатор запросов о поведении функции. Одновременно можно указать не более одного атрибута. Если никакой атрибут не задан, по умолчанию подразумевается VOLATILE.

Характеристика IMMUTABLE (постоянная) показывает, что функция не может модифицировать базу данных и всегда возвращает один и тот же результат при определённых значениях аргументов; то есть, она не обращается к базе данных и не использует информацию, не переданную ей явно в списке аргументов. Если функция имеет такую характеристику, любой её вызов с аргументами-константами можно немедленно заменить значением функции.

Характеристика STABLE (стабильная) показывает, что функция не может модифицировать базу данных и в рамках одного сканирования таблицы она всегда возвращает один и тот же результат для определённых значений аргументов, но этот результат может быть разным в разных операторах SQL. Это подходящий выбор для функций, результаты которых зависят от содержимого базы данных и настраиваемых параметров (например, текущего часового пояса). (Но этот вариант не подходит для триггеров AFTER, желающих прочитать строки, изменённые текущей командой.) Также заметьте, что функции семейства current_timestamp также считаются стабильными, так как их результаты не меняются внутри транзакции.

Характеристика VOLATILE (изменчивая) показывает, что результат функции может меняться даже в рамках одного сканирования таблицы, так что её вызовы нельзя оптимизировать. Изменчивы в этом смысле относительно немногие функции баз данных, например: random(), currval() и timeofday(). Но заметьте, что любая функция с побочными эффектами должна быть классифицирована как изменчивая, даже если её результат вполне предсказуем, чтобы её вызовы не были соптимизированы; пример такой функции: setval().

За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 37.7.

LEAKPROOF

Характеристика LEAKPROOF (герметичная) показывает, что функция не имеет побочных эффектов. Она не раскрывает информацию о своих аргументах, кроме как возвращая результат. Например, функция, которая выдаёт сообщение об ошибке с некоторыми, но не всеми значениями аргументов, либо выводит значения аргументов в сообщении об ошибке, не является герметичной. Это влияет на то, как система выполняет запросы к представлениям, созданным с барьером безопасности (с указанием security_barrier), или к таблицам с включённой защитой строк. Во избежание неконтролируемой утечки данных система будет проверять условия из политик защиты и определений представлений с барьерами безопасности перед любыми условиями, которые задаёт пользователь в самом запросе и в которых задействуются негерметичные функции. Функции и операторы, помеченные как герметичные, считаются доверенными и могут выполняться перед условиями из политик защиты и представлений с барьерами безопасности. При этом функции, которые не имеют аргументов или которым не передаются никакие аргументы из представления с барьером безопасности или таблицы, не требуется помечать как герметичные, чтобы они выполнялись до условий, связанных с безопасностью. См. CREATE VIEW и Раздел 40.5. Это свойство может установить только суперпользователь.

CALLED ON NULL INPUT
RETURNS NULL ON NULL INPUT
STRICT

CALLED ON NULL INPUT (по умолчанию) показывает, что функция будет вызвана как обычно, если среди её аргументов оказываются значения NULL. В этом случае ответственность за проверку значений NULL и соответствующую их обработку ложится на разработчика функции.

Указание RETURNS NULL ON NULL INPUT или STRICT показывает, что функция всегда возвращает NULL, получив NULL в одном из аргументов. Такая функция не будет вызываться с аргументами NULL, вместо этого автоматически будет полагаться результат NULL.

[EXTERNAL] SECURITY INVOKER
[EXTERNAL] SECURITY DEFINER

Характеристика SECURITY INVOKER (безопасность вызывающего) показывает, что функция будет выполняться с правами пользователя, вызвавшего её. Этот вариант подразумевается по умолчанию. Вариант SECURITY DEFINER (безопасность определившего) определяет, что функция выполняется с правами пользователя, владеющего ей.

Ключевое слово EXTERNAL (внешняя) допускается для соответствия стандарту SQL, но является необязательным, так как, в отличие от SQL, эта характеристика распространяется на все функции, а не только внешние.

PARALLEL

Указание PARALLEL UNSAFE означает, что эту функцию нельзя выполнять в параллельном режиме и присутствие такой функции в операторе SQL приводит к выбору последовательного плана выполнения. Это характеристика функции по умолчанию. Указание PARALLEL RESTRICTED означает, что функцию можно выполнять в параллельном режиме, но только в ведущем процессе группы. PARALLEL SAFE показывает, что функция безопасна для выполнения в параллельном режиме без ограничений.

Функции должны помечаться как небезопасные для параллельного выполнения, если они изменяют состояние базы данных, вносят изменения в транзакции, например, используя подтранзакции, обращаются к последовательностям или пытаются сохранять параметры (например, используя setval). Ограниченно параллельными должны помечаться функции, которые обращаются к временным таблицам, состоянию клиентского подключения, курсорам, подготовленным операторам или разнообразному состоянию обслуживающего процесса, которое система не может синхронизировать в параллельном режиме (например, setseed может выполнять только ведущий процесс группы, так как изменения, внесённые другим процессом, не передаются ведущему). Вообще, если функция помечена как безопасная, тогда как она является ограниченной или небезопасной, либо если она помечена как ограниченно безопасная, не являясь безопасной, при попытке вызвать её в параллельном запросе она может выдавать ошибки или неверные результаты. Функции на языке C при неправильной пометке теоретически могут проявлять полностью неопределённое поведение, так как система никак не может защититься от произвольного кода на C, но чаще все они будут вести себя не хуже, чем любая другая функция. В случае сомнений функцию следует помечать как небезопасную (`UNSAFE`), что и имеет место по умолчанию.

`COST` *`стоимость_выполнения`*

Положительное число, задающее примерную стоимость выполнения функции, в единицах cpu_operator_cost. Если функция возвращает множество, это число задаёт стоимость для одной строки. Если стоимость не указана, для функций на C и внутренних функций она считается равной 1 единице, а для функций на всех других языках — 100 единицам. При больших значениях планировщик будет стараться не вызывать эту функцию чаще, чем это необходимо.

`ROWS` *`строк_в_результате`*

Положительное число, задающее примерное число строк, которое будет ожидать планировщик на выходе этой функции. Это указание допустимо, только если функция объявлена как возвращающая множество. Предполагаемое по умолчанию значение — 1000 строк.

`SUPPORT` *`вспомогательная_функция`*

Имя (возможно, дополненное схемой) *вспомогательной функции для планировщика*, которая будет использоваться этой функцией. За подробностями обратитесь к Разделу 37.11. Для использования этого указания нужно быть суперпользователем.

`параметр_конфигурации`
`значение`

Предложение `SET` определяет, что при вызове функции указанный параметр конфигурации должен принять заданное значение, а затем восстановить своё предыдущее значение при завершении функции. Предложение `SET FROM CURRENT` сохраняет в качестве значения, которое будет применено при входе в функцию, значение, действующее в момент выполнения `CREATE FUNCTION`.

Если в определение функции добавлено `SET`, то действие команды `SET LOCAL`, выполняемой внутри функции для того же параметра, ограничивается телом функции: предыдущее значение параметра так же будет восстановлено при завершении функции. Однако обычная команда `SET` (без `LOCAL`) переопределяет предложение `SET`, как и предыдущую команду `SET LOCAL`: действие такой команды будет сохранено и после завершения функции, если только не произойдёт откат транзакции.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

`определение`

Строковая константа, определяющая реализацию функции; её значение зависит от языка. Это может быть имя внутренней функции, путь к объектному файлу, команда SQL или код функции на процедурном языке.

Часто бывает полезно заключать определение функции в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в традиционные апострофы. Если не использовать доллары, все апострофы и обратные косые черты в определении функции придётся экранировать, дублируя их.

`объектный_файл`, *`объектный_символ`*

Эта форма предложения `AS` применяется для динамически загружаемых функций на языке C, когда имя функции в коде C не совпадает с именем функции в SQL. Строка *`объектный_файл`* задаёт имя файла разделяемой библиотеки, содержащей скомпилированную функцию на C, и воспринимается как параметр команды LOAD. Строка *объектный_символ* задаёт символ скомпонованной функции, то есть имя функции в исходном коде на языке C. Если объектный символ опущен, предполагается, что он совпадает с именем определяемой SQL-функции. В C имена всех функций должны быть различными, поэтому перегружаемым функциям, реализованным на C, нужно давать разные имена (например, включать в имена C обозначения типов аргументов).

Если повторные вызовы `CREATE FUNCTION` ссылаются на один и тот же объектный файл, он загружается в рамках сеанса только один раз. Чтобы выгрузить и загрузить этот файл снова (например, в процессе разработки), начните новый сеанс.

Перегрузка

PostgreSQL допускает *перегрузку* функций; то есть, позволяет использовать одно имя для нескольких различных функций, если у них различаются типы входных аргументов. Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует предосторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3.

Две функции считаются совпадающими, если они имеют одинаковые имена и типы *входных* аргументов, параметры `OUT` игнорируются. Таким образом, например, эти объявления вызовут конфликт:

```
CREATE FUNCTION foo(int) ...
CREATE FUNCTION foo(int, out text) ...
```

Функции, имеющие разные типы аргументов, не будут считаться конфликтующими в момент создания, но предоставленные для них значения по умолчанию могут вызвать конфликт в момент использования. Например, рассмотрите следующие определения:

```
CREATE FUNCTION foo(int) ...
CREATE FUNCTION foo(int, int default 42) ...
```

Вызов `foo(10)` завершится ошибкой из-за неоднозначности в выборе вызываемой функции.

Примечания

В объявлении аргументов функции и возвращаемого значения допускается полный синтаксис описания типа SQL. Однако модификаторы типа в скобках (например, поле точности для типа `numeric`) команда `CREATE FUNCTION` не учитывает. Так что, например, `CREATE FUNCTION foo (varchar(10)) ...` создаст такую же функцию, что и `CREATE FUNCTION foo (varchar) ...`.

При замене существующей функции с помощью `CREATE OR REPLACE FUNCTION` есть ограничения на изменения имён параметров. В частности, нельзя изменить имя, уже назначенное любому входному параметру (хотя можно добавить имена ранее безымянным параметрам). Также, если у функции более одного выходного параметра, нельзя изменять имена выходных параметров, так как это приведёт к изменению имён столбцов анонимного составного типа, описывающего результат функции. Эти ограничения позволяют гарантировать, что существующие вызовы функции не перестанут работать после её замены.

Если функция объявлена как `STRICT` с аргументом `VARIADIC`, при оценивании строгости проверяется, что весь переменный массив *в целом* не NULL. Если же в этом массиве содержатся элементы NULL, функция будет вызываться.

Примеры

SQL-функция, складывающая два целых числа:

```
CREATE FUNCTION add(integer, integer) RETURNS integer
    AS 'select $1 + $2;'
    LANGUAGE SQL
    IMMUTABLE
    RETURNS NULL ON NULL INPUT;
```

Функция увеличения целого числа на 1, использующая именованный аргумент, на языке PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION increment(i integer) RETURNS integer AS $$
        BEGIN
                RETURN i + 1;
        END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Функция, возвращающая запись с несколькими выходными параметрами:

```
CREATE FUNCTION dup(in int, out f1 int, out f2 text)
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM dup(42);
```

То же самое можно сделать более развёрнуто, явно объявив составной тип:

```
CREATE TYPE dup_result AS (f1 int, f2 text);

CREATE FUNCTION dup(int) RETURNS dup_result
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM dup(42);
```

Ещё один способ вернуть несколько столбцов — применить функцию `TABLE`:

```
CREATE FUNCTION dup(int) RETURNS TABLE(f1 int, f2 text)
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM dup(42);
```

Однако пример с `TABLE` отличается от предыдущих, так как в нём функция на самом деле возвращает не одну, а *набор* записей.

Разработка защищённых функций `SECURITY DEFINER`

Так как функция `SECURITY DEFINER` выполняется с правами пользователя, владеющего ей, необходимо позаботиться о том, чтобы её нельзя было использовать не по назначению. В целях безопасности в пути search_path следует исключить любые схемы, доступные на запись недоверенным пользователям. Это не позволит злонамеренным пользователям создать свои объекты (например, таблицы, функции и операторы), которые замаскируют объекты, используемые функцией. Особенно важно в этом отношении исключить схему временных таблиц, которая по умолчанию просматривается первой, а право записи в неё по умолчанию имеют все. Соответствующую защиту можно организовать, поместив временную схему в конец списка поиска. Для этого следует сделать `pg_temp`последней записью в `search_path`. Безопасное использование демонстрирует следующая функция:

```
CREATE FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT)
RETURNS BOOLEAN AS $$
DECLARE passed BOOLEAN;
BEGIN
        SELECT  (pwd = $2) INTO passed
        FROM    pwds
        WHERE   username = $1;

        RETURN passed;
END;
$$  LANGUAGE plpgsql
```

```
    SECURITY DEFINER
    -- Установить безопасный путь поиска: сначала доверенная схема(ы), затем 'pg_temp'.
    SET search_path = admin, pg_temp;
```

Эта функция должна обращаться к таблице `admin.pwds`, но без предложения `SET` или с предложением `SET`, включающим только `admin`, её можно «обмануть», создав временную таблицу `pwds`.

До PostgreSQL 8.3 предложение `SET` отсутствовало, так что старые функции могут содержать довольно сложную логику для сохранения, изменения и восстановления переменной `search_path`. Существующее теперь предложение `SET` позволяет сделать это намного проще.

Также следует помнить о том, что по умолчанию право выполнения для создаваемых функций имеет роль `PUBLIC` (за подробностями обратитесь к Разделу 5.7). Однако часто требуется разрешить доступ к функциям, работающим в контексте определившего, только некоторым пользователям. Для этого необходимо отозвать стандартные права `PUBLIC` и затем дать права на выполнение индивидуально. Чтобы не образовалось окно, в котором новая функция будет доступна всем, создайте её и назначьте права в одной транзакции. Например, так:

```
BEGIN;
CREATE FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) ... SECURITY DEFINER;
REVOKE ALL ON FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) FROM PUBLIC;
GRANT EXECUTE ON FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) TO admins;
COMMIT;
```

Совместимость

Команда `CREATE FUNCTION` определена в стандарте SQL. Её реализация в PostgreSQL близка к стандартизированной, но совместима с ней не полностью. К отличиям относятся непереносимые атрибуты, а также поддержка различных языков.

Для совместимости с другими СУБД *режим_аргумента* можно записать после *имя_аргумента* или перед ним, но стандарту соответствует только первый вариант.

Для определения значений по умолчанию для параметров стандарт SQL поддерживает только синтаксис с ключевым словом `DEFAULT`. Синтаксис со знаком = используется в T-SQL и Firebird.

См. также

ALTER FUNCTION, DROP FUNCTION, GRANT, LOAD, REVOKE

CREATE GROUP

CREATE GROUP — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE GROUP имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]

Здесь параметр:

      SUPERUSER | NOSUPERUSER
    | CREATEDB | NOCREATEDB
    | CREATEROLE | NOCREATEROLE
    | INHERIT | NOINHERIT
    | LOGIN | NOLOGIN
    | REPLICATION | NOREPLICATION
    | BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
    | CONNECTION LIMIT предел_подключений
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль' | PASSWORD NULL
    | VALID UNTIL 'дата_время'
    | IN ROLE имя_роли [, ...]
    | IN GROUP имя_роли [, ...]
    | ROLE имя_роли [, ...]
    | ADMIN имя_роли [, ...]
    | USER имя_роли [, ...]
    | SYSID uid
```

Описание

Оператор `CREATE GROUP` теперь является синонимом оператора CREATE ROLE.

Совместимость

Оператор `CREATE GROUP` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE ROLE

CREATE INDEX

CREATE INDEX — создать индекс

Синтаксис

```
CREATE [ UNIQUE ] INDEX [ CONCURRENTLY ] [ [ IF NOT EXISTS ] имя ] ON
 [ ONLY ] имя_таблицы [ USING метод ]
    ( { имя_столбца | ( выражение ) } [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов
 [ ( параметр_класса_оп = значение [, ... ] ) ] ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST |
 LAST } ] [, ...] )
    [ INCLUDE ( имя_столбца [, ...] ) ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
    [ WHERE предикат ]
```

Описание

`CREATE INDEX` создаёт индексы по указанному столбцу(ам) заданного отношения, которым может быть таблица или материализованное представление. Индексы применяются в первую очередь для оптимизации производительности базы данных (хотя при неправильном использовании возможен и противоположный эффект).

Ключевое поле для индекса задаётся как имя столбца или выражение, заключённое в скобки. Если метод индекса поддерживает составные индексы, допускается указание нескольких полей.

Поле индекса может быть выражением, вычисляемым из значений одного или нескольких столбцов в строке таблицы. Это может быть полезно для получения быстрого доступа к данным по некоторому преобразованию исходных значений. Например, индекс, построенный по выражению `upper(col)`, позволит использовать поиск по индексу в предложении `WHERE upper(col) = 'JIM'`.

PostgreSQL предоставляет следующие методы индексов: B-дерево, хеш, GiST, SP-GiST, GIN и BRIN. Пользователи могут определить и собственные методы индексов, но это довольно сложная задача.

Если в команде присутствует предложение `WHERE`, она создаёт *частичный индекс*. Такой индекс содержит записи только для части таблицы, обычно более полезной для индексации, чем остальная таблица. Например, если таблица содержит информацию об оплаченных и неоплаченных счетах, при этом последних сравнительно немного, но именно эта часть таблицы наиболее востребована, то увеличить быстродействие можно, создав индекс только по этой части. Ещё одно возможное применение `WHERE` — добавив `UNIQUE`, обеспечить уникальность в подмножестве таблицы. Подробнее это рассматривается в Разделе 11.8.

Выражение в предложении `WHERE` может ссылаться только на столбцы нижележащей таблицы, но не обязательно ограничиваться теми, по которым строится индекс. В настоящее время в `WHERE` также нельзя использовать подзапросы и агрегатные выражения. Это же ограничение распространяется и на выражения в полях индексов.

Все функции и операторы, используемые в определении индекса, должны быть «постоянными», то есть, их результаты должны зависеть только от аргументов, но не от внешних факторов (например, содержимого другой таблицы или текущего времени). Это ограничение обеспечивает определённость поведения индекса. Чтобы использовать в выражении индекса или в предложении `WHERE` собственную функцию, не забудьте пометить её при создании как постоянную (IMMUTABLE).

Параметры

`UNIQUE`

Указывает, что система должна контролировать повторяющиеся значения в таблице при создании индекса (если в таблице уже есть данные) и при каждом добавлении данных. Попытки вставить или изменить данные, при которых будет нарушена уникальность индекса, будут завершаться ошибкой.

Когда уникальные индексы применяются к секционированным таблицам, действуют дополнительные ограничения; см. CREATE TABLE.

`CONCURRENTLY`

С этим указанием PostgreSQL построит индекс, не устанавливая никаких блокировок, которые бы предотвращали добавление, изменение или удаление записей в таблице, тогда как по умолчанию операция построения индекса блокирует запись (но не чтение) данных в таблице до своего завершения. С созданием индекса в этом режиме связан ряд особенностей, о которых следует знать, — см. Неблокирующее построение индексов.

Для временных таблиц `CREATE INDEX` всегда выполняется более простым, неблокирующим способом, так как они не могут использоваться никакими другими сеансами.

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если индекс с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующий индекс как-то соотносится с тем, который мог бы быть создан. Имя индекса является обязательным, когда указывается `IF NOT EXISTS`.

`INCLUDE`

Необязательное предложение `INCLUDE` позволяет указать список столбцов, которые войдут в индекс как *неключевые* столбцы. Неключевой столбец не может использоваться в условии поиска для сканирования по индексу, и он не учитывается при анализе ограничения уникальности или исключения, устанавливаемого индексом. Однако при сканировании только индекса содержимое неключевых столбцов может быть получено без обращения к целевой таблице, так как оно находится непосредственно в элементе индекса. Таким образом, в результате добавления неключевых столбцов сканирование только индекса может использоваться в тех запросах, где иначе оно было бы неприменимо.

Добавляя в индекс неключевые столбцы, особенно большого размера, есть смысл проявлять консерватизм. Если кортеж в индексе превышает максимально допустимый размер для данного типа индексов, вставить данные в таблицу не удастся. В неключевых столбцах дублируются данные из основной таблицы, что приводит к раздуванию индекса и может повлечь замедление запросов. Кроме того, если неключевой столбец содержится в индексе B-дерево, в таком индексе не будет работать исключение дубликатов.

Для столбцов, перечисленных в `INCLUDE`, не нужны соответствующие классы операторов; это предложение может содержать столбцы, для типов данных которых не определены классы операторов для заданного метода доступа.

Выражения в неключевых столбцах не поддерживаются, так как их нельзя будет использовать при сканировании только индекса.

В настоящее время эту возможность поддерживают только методы доступа индексов B-дерево и GiST. В таких индексах значения столбцов, указанных в предложении `INCLUDE`, включаются в кортежи на уровне листьев, которые соответствуют кортежам кучи, но не включаются в элементы верхних уровней, используемые для навигации в дереве.

имя

Имя создаваемого индекса. Указание схемы при этом не допускается; индекс всегда относится к той же схеме, что и родительская таблица. Если имя опущено, PostgreSQL формирует подходящее имя по имени родительской таблицы и именам индексируемых столбцов.

`ONLY`

Указывает, что индексы не должны рекурсивно создаваться в секциях секционированной таблицы. По умолчанию создание выполняется рекурсивно.

имя_таблицы

Имя индексируемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

метод

Имя применяемого метода индекса. Возможные варианты: `btree`, `hash`, `gist`, `spgist`, `gin`, `brin` или установленный пользователем метод, например bloom. По умолчанию подразумевается метод `btree`.

имя_столбца

Имя столбца таблицы.

выражение

Выражение с одним или несколькими столбцами таблицы. Обычно выражение должно записываться в скобках, как показано в синтаксисе команды. Однако скобки можно опустить, если выражение записано в виде вызова функции.

правило_сортировки

Имя правила сортировки, применяемого для индекса. По умолчанию используется правило сортировки, заданное для индексируемого столбца, либо полученное для результата выражения индекса. Индексы с нестандартными правилами сортировки могут быть полезны для запросов, включающих выражения с такими правилами.

класс_операторов

Имя класса операторов. Подробнее об этом ниже.

параметр_класса_оп

Имя параметра класса операторов. Подробнее об этом ниже.

`ASC`

Указывает порядок сортировки по возрастанию (подразумевается по умолчанию).

`DESC`

Указывает порядок сортировки по убыванию.

`NULLS FIRST`

Указывает, что значения NULL после сортировки оказываются перед остальными. Это поведение по умолчанию с порядком сортировки `DESC`.

`NULLS LAST`

Указывает, что значения NULL после сортировки оказываются после остальных. Это поведение по умолчанию с порядком сортировки `ASC`.

параметр_хранения

Имя специфичного для индекса параметра хранения. За подробностями обратитесь к разделу Параметры хранения индекса ниже.

табл_пространство

Табличное пространство, в котором будет создан индекс. Если не определено, выбирается default_tablespace, либо temp_tablespaces, при создании индекса временной таблицы.

предикат

Выражение ограничения для частичного индекса.

Параметры хранения индекса

Необязательное предложение WITH определяет *параметры хранения* для индекса. У каждого метода индекса есть свой набор допустимых параметров хранения. Следующий параметр принимают методы B-дерево, хеш, GiST и SP-GiST:

fillfactor (integer)

Фактор заполнения для индекса определяет в процентном отношении, насколько плотно метод индекса будет заполнять страницы индекса. Для B-деревьев концевые страницы заполняются до этого процента при начальном построении индекса и позже, при расширении индекса вправо (добавлении новых наибольших значений ключа). Если страницы впоследствии оказываются заполненными полностью, они будут разделены, что приводит к постепенному снижению эффективности индекса. Для B-деревьев по умолчанию используется фактор заполнения 90, но его можно поменять на любое целое значение от 10 до 100. Фактор заполнения, равный 100, полезен для статических таблиц и помогает уменьшить физический размер таблицы, но для интенсивно изменяемых таблиц лучше использовать меньшее значение, чтобы разделять страницы приходилось реже. С другими методами индекса фактор заполнения действует по-другому, но примерно в том же ключе; значение фактора заполнения по умолчанию для разных методов разное.

Индексы B-дерево дополнительно принимают этот параметр:

deduplicate_items (boolean)

Этот параметр управляет механизмом исключения дубликатов, описанным в Подразделе 63.4.2. Он принимает логическое значение ON или OFF, соответственно включающее или отключающее это оптимизацию. (Другие возможные написания ON и OFF перечислены в Разделе 19.1.) Значение по умолчанию — ON.

> **Примечание**
>
> После выключения параметра deduplicate_items командой ALTER INDEX при добавлении в будущем новых элементов дубликаты исключаться не будут, но представление существующих кортежей не поменяется на стандартное.

Индексы GiST дополнительно принимают этот параметр:

buffering (enum)

Определяет, будет ли при построении индекса использоваться буферизация, описанная в Подразделе 64.4.1. Со значением OFF она отключена, с ON — включена, а с AUTO — отключена вначале, но может затем включиться на ходу, как только размер индекса достигнет значения effective_cache_size. По умолчанию подразумевается AUTO.

Индексы GIN принимают другие параметры:

fastupdate (boolean)

Этот параметр управляет механизмом быстрого обновления, описанным в Подразделе 66.4.1. Он имеет логическое значение: ON включает быстрое обновление, OFF отключает его. Значение по умолчанию — ON.

> **Примечание**
>
> Выключение fastupdate в ALTER INDEX предотвращает помещение добавляемых в дальнейшем строк в список записей, ожидающих индексации, но записи, добавленные в этот список ранее, в нём остаются. Чтобы очистить очередь операций, надо затем выполнить VACUUM для этой таблицы или вызвать функцию gin_clean_pending_list.

`gin_pending_list_limit` (`integer`)

Пользовательский параметр gin_pending_list_limit. Его значение задаётся в килобайтах.

Индексы BRIN принимают другие параметры:

`pages_per_range` (`integer`)

Определяет, сколько блоков таблицы образуют зону блоков для каждой записи в индексе BRIN (за подробностями обратитесь к Разделу 67.1). Значение по умолчанию — `128`.

`autosummarize` (`boolean`)

Определяет, будет ли поставлен в очередь расчёт сводного значения для предыдущей зоны страниц, когда происходит добавление в следующую. За подробностями обратитесь к Подразделу 67.1.1. По умолчанию `off`.

Неблокирующее построение индексов

Создание индекса может мешать обычной работе с базой данных. Обычно PostgreSQL блокирует запись в индексируемую таблицу и выполняет всю операцию построения индекса за одно сканирование таблицы. Другие транзакции могут продолжать читать таблицу, но при попытке вставить, изменить или удалить строки в таблице они будут заблокированы до завершения построения индекса. Это может оказать нежелательное влияние на работу производственной базы данных. Индексация очень больших таблиц может занимать много часов, и даже для маленьких таблиц построение индекса может заблокировать записывающие процессы на время, неприемлемое для производственной системы.

PostgreSQL поддерживает построение индексов без блокировки записи. Этот метод выбирается указанием `CONCURRENTLY` команды `CREATE INDEX`. Когда он используется, PostgreSQL должен выполнить два сканирования таблицы, а кроме того, должен дождаться завершения всех существующих транзакций, которые потенциально могут модифицировать и использовать этот индекс. Таким образом, эта процедура требует проделать в сумме больше действий и выполняется значительно дольше, чем обычное построение индекса. Однако благодаря тому, что этот метод позволяет продолжать обычную работу с базой во время построения индекса, он оказывается полезным в производственной среде. Хотя разумеется, дополнительная нагрузка на процессор и подсистему ввода/вывода, создаваемая при построении индекса, может привести к замедлению других операций.

При неблокирующем построении индекса он попадает в системный каталог в одной транзакции, затем ещё два сканирования таблицы выполняются в двух других транзакциях. Перед каждым сканированием таблицы процедура построения индекса должна ждать завершения текущих транзакций, модифицировавших эту таблицу. После второго сканирования также необходимо дожидаться завершения всех транзакций, получивших снимок (см. Главу 13) перед вторым сканированием, включая транзакции, задействованные на любом этапе неблокирующего построения индексов для других таблиц. Наконец индекс может быть помечен как готовый к использованию, после чего команда `CREATE INDEX` завершается. Однако даже тогда индекс может быть не готов немедленно к применению в запросах: в худшем случае он не будет использоваться, пока существуют транзакции, начатые до начала построения индекса.

Если при сканировании таблицы возникает проблема, например взаимоблокировка или нарушение уникальности в уникальном индексе, команда `CREATE INDEX` завершится ошибкой, но оставит после себя «нерабочий» индекс. Этот индекс будет игнорироваться при чтении данных, так как он может быть неполным; однако с ним могут быть связаны дополнительные операции при изменениях. В psql встроенная команда `\d` помечает такой индекс как `INVALID`:

```
postgres=# \d tab
       Table "public.tab"
 Column |  Type   | Collation | Nullable | Default
--------+---------+-----------+----------+---------
 col    | integer |           |          |
Indexes:
```

```
"idx" btree (col) INVALID
```

Рекомендуемый в таких случаях способ исправления ситуации — удалить индекс и затем попытаться снова выполнить CREATE INDEX CONCURRENTLY. (Кроме того, можно перестроить его с помощью команды REINDEX INDEX CONCURRENTLY.)

Ещё одна сложность, с которой можно столкнуться при неблокирующем построении уникального индекса, заключается в том, что ограничение уникальности уже влияет на другие транзакции, когда второе сканирование таблицы только начинается. Это значит, что нарушения ограничения могут проявляться в других запросах до того, как индекс становится доступным для использования и даже тогда, когда создать индекс в итоге не удаётся. Кроме того, если при втором сканировании происходит ошибка, «нерабочий» индекс оставляет в силе своё ограничение уникальности и дальше.

Метод неблокирующего построения поддерживает также индексы выражений и частичные индексы. Ошибки, произошедшие при вычислении этих выражений, могут привести к такому же поведению, как в вышеописанных случаях с нарушением ограничений уникальности.

Обычное построение индекса допускает одновременное построение других индексов для таблицы обычным методом, но неблокирующее построение для конкретной таблицы в один момент времени допускается только одно. Однако в любом случае никакие другие изменения схемы таблицы в это время не разрешаются. Другое отличие состоит в том, что в блоке транзакции может быть выполнена обычная команда CREATE INDEX, но не CREATE INDEX CONCURRENTLY.

Метод неблокирующего построения для индексов секционированных таблиц в настоящее время не поддерживается. Однако вы можете сократить время, на которое будет заблокирована секционированная таблица, построив в неблокирующем режиме индекс для каждой секции в отдельности и затем создав секционированный индекс в обычном режиме. В этом случае построение секционированного индекса будет заключаться только в изменении метаданных.

Примечания

Информацию о том, когда могут применяться, и когда не применяются индексы, и в каких конкретных ситуациях они могут быть полезны, можно найти в Главе 11.

В настоящее время составные индексы поддерживаются только методами B-дерево, GiST, GIN и BRIN. По умолчанию такой индекс может включать до 32 полей. (Этот предел можно изменить, пересобрав PostgreSQL.) Уникальные индексы поддерживает только B-дерево.

Для каждого столбца индекса можно задать *класс операторов* и дополнительные параметры класса. Данный класс определяет, какие операторы будут использоваться индексом для этого столбца. Например, индекс-B-дерево по четырёхбайтовым целым будет использовать класс int4_ops; этот класс операторов включает функции сравнения для таких значений. На практике обычно достаточно использовать класс операторов по умолчанию для типа данных столбца. Существование классов операторов объясняется в первую очередь тем, что для некоторых типов данных можно предложить более одного осмысленного порядка сортировки. Например, может возникнуть желание отсортировать комплексные числа как по абсолютному значению, так и по вещественной части. Это можно сделать, определив два класса операторов для типа данных и выбрав подходящий класс при создании индекса. За дополнительными сведениями о классах операторов обратитесь к Разделу 11.10 и Разделу 37.16.

Когда команда CREATE INDEX вызывается для секционированной таблицы, по умолчанию её действие распространятся рекурсивно на все секции, с тем чтобы в них оказались соответствующие индексы. Сначала каждая секция проверяется на наличие равнозначного индекса, и, если таковой находится, он присоединяется как индекс секции к создаваемому, который таким образом становится родительским индексом. Если нужного индекса не оказывается, новый индекс автоматически создаётся и присоединяется к основному; имя индекса для каждой секции выбирается так же, как и при выполнении этой команды без имени индекса. С указанием ONLY рекурсия не производится и индекс помечается как нерабочий. (Команда ALTER INDEX ... ATTACH PARTITION пометит его как рабочий, когда он будет представлен во всех секциях). Однако заметьте, что в любой секции, создаваемой в будущем командой CREATE TABLE ... PARTITION OF, соответствующий индекс появится автоматически, вне зависимости от данного указания.

Для методов индекса, поддерживающих сканирование по порядку (в настоящее время это поддерживает только B-дерево), можно изменить порядок сортировки индекса, добавив необязательные предложения ASC, DESC, NULLS FIRST или NULLS LAST. Так как упорядоченный индекс можно сканировать вперёд или назад, обычно не имеет смысла создавать индекс по убыванию (DESC) для одного столбца — этот порядок сортировки можно получить и с обычным индексом. Эти параметры имеют смысл при создании составных индексов так, что они будут соответствовать порядку сортировки, указанному в запросе со смешанным порядком, например SELECT ... ORDER BY x ASC, y DESC. Параметры NULLS полезны, когда требуется реализовать поведение «NULL внизу», изменив стандартное «NULL вверху», в запросах, зависящих от индексов, чтобы избежать дополнительной сортировки.

Система регулярно собирает статистику по всем столбцам таблицы. Новые индексы, построенные без применения выражений, могут эффективно использовать эту статистику сразу. Однако для создаваемых индексов по выражениям требуется выполнить ANALYZE или подождать, пока фоновый процесс автоочистки не проанализирует таблицу и не посчитает статистику для этих индексов.

Для большинства методов индексов скорость создания индекса зависит от значения maintenance_work_mem. Чем больше это значение, тем меньше времени требуется для создания индекса (если только заданное значение не превышает объём действительно доступной памяти, что влечёт за собой использование подкачки).

PostgreSQL может строить индексы, задействуя несколько процессоров для ускорения обработки строк таблицы. Это называется *параллельным построением индексов*. Для методов индексов, поддерживающих построение в параллельном режиме (в настоящее время это только B-дерево), параметр maintenance_work_mem задаёт максимальный объём памяти, который может быть выделен для одной операции построения индекса в целом, независимо от того, сколько рабочих процессов будет запущено. Целесообразность использования параллельных процессов и их оптимальное количество обычно автоматически определяется моделью стоимости.

Параллельное построение индексов может выиграть от увеличения maintenance_work_mem там, где для аналогичного последовательного построения индекса выигрыша не будет или он будет минимальным. Заметьте, что значение maintenance_work_mem может влиять на число запрашиваемых рабочих процессов, так как параллельным исполнителям должно быть выделено не менее 32MB из общего бюджета maintenance_work_mem. Кроме того, 32MB должно остаться для ведущего процесса. Увеличение max_parallel_maintenance_workers позволит создать больше исполнителей, что приведёт к уменьшению времени создания индекса, если только создание индекса уже не упирается в скорость ввода/вывода. Разумеется, для этого должно быть достаточно процессорных ресурсов, которые иначе бы простаивали.

Если в ALTER TABLE задаётся значение parallel_workers, именно оно определяет, сколько параллельных исполнителей будет запрашивать команда CREATE INDEX для данной таблицы. При этом полностью игнорируется модель стоимости и maintenance_work_mem не влияет на определение количества параллельных исполнителей. Если параметру parallel_workers в ALTER TABLE присваивается 0, параллельное построение индексов для этой таблицы полностью отключается.

Подсказка

После изменения параметра parallel_workers в ходе оптимизации построения индексов имеет смысл сбросить его. Это предотвратит нежелательные изменения планов запросов, так как parallel_workers влияет на *все* параллельные сканирования таблицы.

Хотя CREATE INDEX с указанием CONCURRENTLY поддерживает параллельное построение без особых ограничений, фактически в параллельном режиме выполняется только первое сканирование таблицы.

Для удаления индекса применяется DROP INDEX.

Как и любая длительная транзакция, операция `CREATE INDEX` с таблицей может повлиять на возможность удаления кортежей параллельной операцией `VACUUM` с какой-либо другой таблицей.

В предыдущих выпусках PostgreSQL также поддерживался метод индекса R-дерево. Сейчас он отсутствует, так как он не даёт значительных преимуществ по сравнению с GiST. Указание `USING rtree` команда `CREATE INDEX` будет интерпретировать как `USING gist`, для упрощения перевода старых баз на GiST.

Примеры

Создание уникального индекса-B-дерева по столбцу `title` в таблице `films`:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title);
```

Создание уникального индекса-B-дерева по столбцу `title` с неключевыми столбцами `director` и `rating` в таблице `films`:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title) INCLUDE (director, rating);
```

Создание индекса B-дерево без исключения дубликатов:

```
CREATE INDEX title_idx ON films (title) WITH (deduplicate_items = off);
```

Создание индекса по выражению `lower(title)`, позволяющего эффективно выполнять регистронезависимый поиск:

```
CREATE INDEX ON films ((lower(title)));
```

(В этом примере мы решили опустить имя индекса, чтобы имя выбрала система, например `films_lower_idx`.)

Создание индекса с нестандартным правилом сортировки:

```
CREATE INDEX title_idx_german ON films (title COLLATE "de_DE");
```

Создание индекса с нестандартным порядком значений NULL:

```
CREATE INDEX title_idx_nulls_low ON films (title NULLS FIRST);
```

Создание индекса с нестандартным фактором заполнения:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title) WITH (fillfactor = 70);
```

Создание индекса GIN с отключённым механизмом быстрого обновления:

```
CREATE INDEX gin_idx ON documents_table USING GIN (locations) WITH (fastupdate = off);
```

Создание индекса по столбцу `code` в таблице `films` и размещение его в табличном пространстве `indexspace`:

```
CREATE INDEX code_idx ON films (code) TABLESPACE indexspace;
```

Создание индекса GiST по координатам точек, позволяющего эффективно использовать операторы box с результатом функции преобразования:

```
CREATE INDEX pointloc
    ON points USING gist (box(location,location));
SELECT * FROM points
    WHERE box(location,location) && '(0,0),(1,1)'::box;
```

Создание индекса без блокировки записи в таблицу:

```
CREATE INDEX CONCURRENTLY sales_quantity_index ON sales_table (quantity);
```

Совместимость

`CREATE INDEX` является языковым расширением PostgreSQL. Средства обеспечения индексов в стандарте SQL не описаны.

См. также

ALTER INDEX, DROP INDEX, REINDEX

CREATE LANGUAGE

CREATE LANGUAGE — создать процедурный язык

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] [ TRUSTED ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
    HANDLER обработчик_вызова [ INLINE обработчик_внедрённого_кода ]
 [ VALIDATOR функция_проверки ]
CREATE [ OR REPLACE ] [ TRUSTED ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
```

Описание

`CREATE LANGUAGE` регистрирует в базе данных PostgreSQL новый процедурный язык. Впоследствии на этом языке можно будет определять новые функции и процедуры.

`CREATE LANGUAGE` по сути связывает имя языка с функциями-обработчиками, исполняющими код, написанный на этом языке. За дополнительными сведениями о языковых обработчиках обратитесь к Главе 55.

`CREATE OR REPLACE LANGUAGE` создаёт новый язык или заменяет определение существующего. Если язык существует, его параметры изменяются в соответствии с командой, но владелец языка и права доступа к нему не меняются. Все уже написанные на этом языке функции также считаются корректными.

Для того, чтобы зарегистрировать новый язык или изменить параметры существующего, необходимо быть суперпользователем PostgreSQL. Однако после того, как язык создан, владельцем его можно назначить обычного пользователя, который затем сможет удалить или переименовать его, изменить права доступа к нему, или назначить другого владельца. (Однако нельзя назначать обычного пользователя владельцем нижележащих функций на C — это даст ему возможность повысить свои привилегии.)

Форма `CREATE LANGUAGE`, в которой не задаётся никакой обработчик, является устаревшей. Для обратной совместимости со старыми копиями в формате скрипта она воспринимается как `CREATE EXTENSION` и будет работать, если язык упакован в расширение с тем же именем, как обычно и оформляются процедурные языки.

Параметры

`TRUSTED`

: Указание `TRUSTED` (доверенный) означает, что язык не даёт пользователю доступ к данным, к которым он не имел бы доступа без него. Если при регистрации языка это ключевое слово опущено, использовать этот язык для создания новых функций смогут только суперпользователи PostgreSQL.

`PROCEDURAL`

: Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя

: Имя процедурного языка. Оно должно быть уникальным среди всех языков в базе данных.

  В целях обратной совместимости имя можно заключить в апострофы.

`HANDLER` *обработчик_вызова*

: Здесь *обработчик_вызова* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для исполнения процедур (функций) на этом языке. Обработчик вызова для процедурного языка должен быть написан на компилируемом языке, например, на C, с соглашениями о вызовах версии 1 и зарегистрирован в PostgreSQL как функция без аргументов, возвращающая фиктивный тип `language_handler`, который просто показывает, что эта функция — обработчик вызова.

`INLINE` *обработчик_внедрённого_кода*

Здесь *обработчик_внедрённого_кода* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для выполнения анонимного блока кода (команды DO) на этом языке. Если *обработчик_внедрённого_кода* не определён, данный язык не будет поддерживать анонимные блоки кода. Этот обработчик должен принимать один аргумент типа `internal`, содержащий внутреннее представление команды `DO`, и обычно возвращает тип `void`. Значение, возвращаемое этим обработчиком, игнорируется.

`VALIDATOR` *функция_проверки*

Здесь *функция_проверки* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться при создании новой функции на этом языке и проверять её. Если функция проверки не задана, функции на этом языке при создании проверяться не будут. Функция проверки должна принимать один аргумент типа `oid` с идентификатором создаваемой функции и обычно возвращает `void`.

Функция проверки обычно проверяет тело создаваемой функции на синтаксические ошибки, но может также проанализировать и другие характеристики функции, например, поддержку определённых типов аргументов этим языком. Значение, возвращаемое этой функцией, игнорируется, об ошибках она должна сигнализировать, вызывая `ereport()`.

Примечания

Для удаления процедурных языков следует использовать DROP LANGUAGE.

В системном каталоге `pg_language` (см. Раздел 51.29) записывается информация о языках, установленных в данный момент. Список установленных языков также показывает команда `\dL` в psql.

Чтобы создавать функции на процедурном языке, пользователь должен иметь право `USAGE` для этого языка. По умолчанию для доверенных языков право `USAGE` даётся роли `PUBLIC` (т. е. всем), однако при желании его можно отозвать.

Процедурные языки являются локальными по отношению к базам данных. Тем не менее, язык можно установить в базу данных `template1`, в результате чего он будет автоматически доступен во всех базах данных, создаваемых из неё впоследствии.

Примеры

Минимальная процедура создания нового процедурного языка выглядит так:

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler() RETURNS language_handler
    AS '$libdir/plsample'
    LANGUAGE C;
CREATE LANGUAGE plsample
    HANDLER plsample_call_handler;
```

Обычно эти команды записываются в скрипте установки расширения, которое пользователи затем устанавливают так:

```
CREATE EXTENSION plsample;
```

Совместимость

`CREATE LANGUAGE` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER LANGUAGE, CREATE FUNCTION, DROP LANGUAGE, GRANT, REVOKE

CREATE MATERIALIZED VIEW

CREATE MATERIALIZED VIEW — создать материализованное представление

Синтаксис

```
CREATE MATERIALIZED VIEW [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы
    [ (имя_столбца [, ...] ) ]
    [ USING метод ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
    AS query
    [ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

`CREATE MATERIALIZED VIEW` определяет материализованное представление запроса. Заданный запрос выполняется и наполняет представление в момент вызова команды (если только не указано `WITH NO DATA`). Обновить представление позже можно, выполнив `REFRESH MATERIALIZED VIEW`.

Команда `CREATE MATERIALIZED VIEW` подобна `CREATE TABLE AS`, за исключением того, что она запоминает запрос, порождающий представление, так что это представление можно позже обновить по требованию. Материализованные представления сходны с таблицами во многом, но не во всём; например, не поддерживаются временные материализованные представления.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если материализованное представление с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее материализованное представление как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемого материализованного представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца в создаваемом материализованном представлении. Если имена столбцов не заданы явно, они определяются по именам столбцов результата запроса.

`USING` *метод*

Это дополнительное предложение задаёт табличный метод доступа, который будет использоваться для сохранения содержимого нового материализованного представления; этот метод должен быть типа `TABLE`. Подробнее об этом рассказывается в Главе 60. В случае отсутствия этого указания для нового материализованного представления выбирается метод доступа по умолчанию. За подробностями обратитесь к default_table_access_method.

`WITH (` *параметр_хранения* `[=` *значение*`] [, ... ] )`

Это предложение задаёт дополнительные параметры хранения для создаваемого материализованного представления; подробнее о них можно узнать в разделе Параметры хранения описания CREATE TABLE. Все параметры, которые поддерживает `CREATE TABLE`, поддерживает и `CREATE MATERIALIZED VIEW`. За дополнительной информацией обратитесь к CREATE TABLE.

`TABLESPACE` *табл_пространство*

Здесь *табл_пространство* — имя табличного пространства, в котором будет создано материализованное представление. Если оно не задано, выбирается default_tablespace.

query

Команда SELECT, TABLE или VALUES. Эта команда будет выполняться с ограничениями по безопасности; в частности, будут запрещены вызовы функций, которые сами создают временные таблицы.

`WITH [ NO ] DATA`

Это предложение указывает, будет ли материализованное представление наполняться в момент создания. Если материализованное представление не наполняется, оно помечается как нечитаемое, так что к нему нельзя будет обращаться до выполнения `REFRESH MATERIALIZED VIEW`.

Совместимость

`CREATE MATERIALIZED VIEW` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER MATERIALIZED VIEW, CREATE TABLE AS, CREATE VIEW, DROP MATERIALIZED VIEW, REFRESH MATERIALIZED VIEW

CREATE OPERATOR

CREATE OPERATOR — создать оператор

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR имя (
    {FUNCTION|PROCEDURE} = имя_функции
    [, LEFTARG = тип_слева ] [, RIGHTARG = тип_справа ]
    [, COMMUTATOR = коммут_оператор ] [, NEGATOR = обратный_оператор ]
    [, RESTRICT = процедура_ограничения ] [, JOIN = процедура_соединения ]
    [, HASHES ] [, MERGES ]
)
```

Описание

`CREATE OPERATOR` определяет новый оператор, *имя*. Владельцем оператора становится пользователь, его создавший. Если указано имя схемы, оператор создаётся в ней, в противном случае — в текущей схеме.

Имя оператора образует последовательность из нескольких символов (не более чем `NAMEDATALEN`-1, по умолчанию 63) из следующего списка:

+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ?

Однако выбор имени ограничен ещё следующими условиями:

- Сочетания символов `--` и `/*` не могут присутствовать в имени оператора, так как они будут обозначать начало комментария.
- Многосимвольное имя оператора не может заканчиваться знаком `+` или `-`, если только оно не содержит также один из этих символов:

  ~ ! @ # % ^ & | ` ?

  Например, `@-` — допустимое имя оператора, а `*-` — нет. Благодаря этому ограничению, PostgreSQL может разбирать корректные SQL-запросы без пробелов между компонентами.
- Символ `=>` зарезервирован для использования в грамматике языка SQL, поэтому его нельзя использовать в качестве имени оператора.

Оператор `!=` отображается в `<>` при вводе, так что эти два имени всегда равнозначны.

Необходимо определить либо `LEFTARG`, либо `RIGHTARG`, а для бинарных операторов оба аргумента. Для правых унарных операторов должен быть определён только `LEFTARG`, а для левых унарных — только `RIGHTARG`.

Примечание

Правые унарные, также называемые постфиксными, операторы признаны устаревшими и будут удалены в PostgreSQL версии 14.

Функция *имя_функции* должна быть уже определена с помощью `CREATE FUNCTION` и иметь соответствующее число аргументов (один или два) указанных типов.

В синтаксисе `CREATE OPERATOR` ключевые слова `FUNCTION` и `PROCEDURE` равнозначны, но указываемая функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово `PROCEDURE` здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

Другие предложения определяют дополнительные характеристики оптимизации. Их значение описано в Разделе 37.15.

Чтобы создать оператор, необходимо иметь право `USAGE` для типов аргументов и результата, а также право `EXECUTE` для нижележащей функции. Если указывается коммутирующий или обратный оператор, нужно быть его владельцем.

Параметры

имя

Имя определяемого оператора. Допустимые в нём символы перечислены ниже. Указанное имя может быть дополнено схемой, например так: `CREATE OPERATOR myschema.+ (...)`. Если схема не указана, оператор создаётся в текущей схеме. При этом два оператора в одной схеме могут иметь одно имя, если они работают с разными типами данных. Такое определение операторов называется *перегрузкой*.

имя_функции

Функция, реализующая этот оператор.

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора, если он есть. Этот параметр опускается для левых унарных операторов.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора, если он есть. Этот параметр опускается для правых унарных операторов.

коммут_оператор

Оператор, коммутирующий для данного.

обратный_оператор

Оператор, обратный для данного.

процедура_ограничения

Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора.

процедура_соединения

Функция оценки избирательности соединения для этого оператора.

`HASHES`

Показывает, что этот оператор поддерживает соединение по хешу.

`MERGES`

Показывает, что этот оператор поддерживает соединение слиянием.

Чтобы задать имя оператора с указанием схемы в *коммут_оператор* или другом дополнительном аргументе, применяется синтаксис `OPERATOR()`, например:

```
COMMUTATOR = OPERATOR(myschema.===) ,
```

Примечания

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.14.

Задать лексический приоритет оператора в команде `CREATE OPERATOR` невозможно, так как обработка приоритетов жёстко зашита в анализаторе. Подробнее приоритеты описаны в Подразделе 4.1.6.

Устаревшие параметры SORT1, SORT2, LTCMP и GTCMP ранее использовались для определения имён операторов сортировки, связанных с оператором, применяемым при соединении слиянием. Теперь это не требуется, так как информацию о связанных операторах теперь дают семейства операторов B-дерева. Если в команде отсутствует явное указание MERGES, все эти параметры игнорируются.

Для удаления пользовательских операторов из базы данных применяется DROP OPERATOR, а для изменения их свойств — ALTER OPERATOR.

Примеры

Следующая команда определяет новый оператор, проверяющий равенство площадей, для типа box:

```
CREATE OPERATOR === (
    LEFTARG = box,
    RIGHTARG = box,
    FUNCTION = area_equal_function,
    COMMUTATOR = ===,
    NEGATOR = !==,
    RESTRICT = area_restriction_function,
    JOIN = area_join_function,
    HASHES, MERGES
);
```

Совместимость

CREATE OPERATOR является языковым расширением PostgreSQL. Средства определения пользовательских операторов в стандарте SQL не описаны.

См. также

ALTER OPERATOR, CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR

CREATE OPERATOR CLASS

CREATE OPERATOR CLASS — создать класс операторов

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR CLASS имя [ DEFAULT ] FOR TYPE тип_данных
  USING индексный_метод [ FAMILY имя_семейства ] AS
  {  OPERATOR номер_стратегии имя_оператора [ ( тип_операнда, тип_операнда ) ] [ FOR
 SEARCH | FOR ORDER BY семейство_сортировки ]
   | FUNCTION номер_опорной_функции [ ( тип_операнда [ , тип_операнда ] ) ] имя_функции
 ( тип_аргумента [, ...] )
   | STORAGE тип_хранения
  } [, ... ]
```

Описание

`CREATE OPERATOR CLASS` создаёт класс операторов. Класс операторов устанавливает, как данный тип будет использоваться в индексе, определяя, какие операторы исполняют конкретные роли или «стратегии» для этого типа данных и метода индекса. Также класс операторов определяет опорные функции, которые будет задействовать метод индекса в случае выбора данного класса для столбца индекса. Все операторы и функции, используемые классом операторов, должны существовать до создания этого класса.

Если указывается имя схемы, класс операторов создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Два класса операторов в одной схеме могут иметь одинаковые имена, только если они предназначены для разных методов индекса.

Владельцем класса операторов становится пользователь, создавший его. В настоящее время создавать классы операторов могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение класса может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

`CREATE OPERATOR CLASS` в настоящее время не проверяет, включает ли определение класса операторов все операторы и функции, требуемые для метода индекса, и образуют ли они целостный набор. Ответственность за правильность определения класса операторов лежит на пользователе.

Связанные классы операторов могут быть сгруппированы в *семейства операторов*. Чтобы поместить класс в существующее семейство, добавьте параметр `FAMILY` в `CREATE OPERATOR CLASS`. Без этого параметра новый класс помещается в семейство, имеющее то же имя, что и класс (если такое семейство не существует, оно создаётся).

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.16.

Параметры

имя

Имя создаваемого класса операторов, возможно, дополненное схемой.

`DEFAULT`

Если присутствует это указание, класс операторов становится классом по умолчанию для своего типа данных. Для определённого типа данных и метода индекса можно определить не больше одного класса операторов по умолчанию.

тип_данных

Тип данных столбца, для которого предназначен этот класс операторов.

индексный_метод

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

имя_семейства

Имя существующего семейства операторов, в которое будет добавлен этот класс. Если не указано, подразумевается семейство с тем же именем, что и класс (если такое семейство не существует, оно создаётся).

номер_стратегии

Номер стратегии индексного метода для оператора, связанного с данным классом операторов.

имя_оператора

Имя (возможно, дополненное схемой) оператора, связанного с данным классом операторов.

тип_операнда

В предложении `OPERATOR` это тип данных операнда, либо ключевое слово `NONE`, характеризующее левый унарный или правый унарный оператор. Типы операндов обычно можно опустить, когда они совпадают с типом данных класса операторов.

В предложении `FUNCTION` это тип данных операнда, который должна поддерживать эта функция, если он отличается от входного типа данных функции (для функций сравнения в B-деревьях и хеш-функций) или от типа данных класса (для опорных функций сортировки и функций равенства образов в B-деревьях, а также для всех функций в классах операторов GiST, SP-GiST, GIN и BRIN). Обычно предполагаемые по умолчанию типы оказываются подходящими, так что *тип_операнда* указывать в `FUNCTION` не нужно (если это не функции сортировки в B-дереве, которые предназначены для сравнения разных типов данных).

семейство_сортировки

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов `btree`, описывающего порядок сортировки, связанный с оператором сортировки.

Если не указано ни `FOR SEARCH` (для поиска), ни `FOR ORDER BY` (для сортировки), подразумевается `FOR SEARCH`.

номер_опорной_функции

Номер опорной функции индексного метода для функции, связанной с данным классом операторов.

имя_функции

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной функцией индексного метода для данного класса операторов.

тип_аргумента

Тип данных параметра функции.

тип_хранения

Тип данных, фактически сохраняемых в индексе. Обычно это тип данных столбца, но некоторые методы индекса (в настоящее время, GiST, GIN и BRIN) могут работать с отличным от него типом. Предложение `STORAGE` может присутствовать, только если метод индекса позволяет использовать другой тип данных. Если *тип_данных* столбца задан как `anyarray`, *тип_хранения* может быть объявлен как `anyelement`, чтобы показать, что записи в индексе являются членами типа элемента, принадлежащего к фактическому типу массива, для которого создаётся конкретный индекс.

Предложения `OPERATOR`, `FUNCTION` и `STORAGE` могут указываться в любом порядке.

Примечания

Так как механизмы индексов не проверяют права доступа к функциям, прежде чем вызывать их, включение функций или операторов в класс операторов по сути даёт всем право на выполнение их. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в классе операторов.

Операторы не должны реализовываться в функциях на языке SQL. SQL-функция вероятнее всего будет встроена в вызывающий запрос, что помешает оптимизатору понять, что этот запрос соответствует индексу.

До PostgreSQL 8.4 предложение `OPERATOR` могло включать указание `RECHECK`. Теперь это не поддерживается, так как оператор индекса может быть «неточным» и это определяется на ходу в момент выполнения. Это позволяет эффективно справляться с ситуациями, когда оператор может быть или не быть неточным.

Примеры

Команда в следующем примере определяет класс операторов индекса GiST для типа данных `_int4` (массива из `int4`). Полный пример приведён в модуле intarray.

```
CREATE OPERATOR CLASS gist__int_ops
    DEFAULT FOR TYPE _int4 USING gist AS
        OPERATOR        3       &&,
        OPERATOR        6       = (anyarray, anyarray),
        OPERATOR        7       @>,
        OPERATOR        8       <@,
        OPERATOR        20      @@ (_int4, query_int),
        FUNCTION        1       g_int_consistent (internal, _int4, smallint, oid,
 internal),
        FUNCTION        2       g_int_union (internal, internal),
        FUNCTION        3       g_int_compress (internal),
        FUNCTION        4       g_int_decompress (internal),
        FUNCTION        5       g_int_penalty (internal, internal, internal),
        FUNCTION        6       g_int_picksplit (internal, internal),
        FUNCTION        7       g_int_same (_int4, _int4, internal);
```

Совместимость

`CREATE OPERATOR CLASS` является расширением PostgreSQL. Команда `CREATE OPERATOR CLASS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR FAMILY, ALTER OPERATOR FAMILY

CREATE OPERATOR FAMILY

CREATE OPERATOR FAMILY — создать семейство операторов

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR FAMILY имя USING индексный_метод
```

Описание

`CREATE OPERATOR FAMILY` создаёт новое семейство операторов. Семейство операторов определяет коллекцию связанных классов операторов и, возможно, некоторые дополнительные операторы и вспомогательные функции, совместимые с этими классами, но не требующиеся для функционирования каких-либо индексов. (Операторы и функции, требующиеся для работы индексов, следует группировать в соответствующем классе операторов, а не «слабо» связывать в семействе операторов. Обычно операторы с операндами одного типа привязываются к классам операторов, тогда как операторы для двух разных типов могут быть слабо связаны в семействе, содержащем классы операторов для обоих типов.)

Создаваемое семейство операторов изначально не содержит ничего. Оно должно наполняться последующими командами `CREATE OPERATOR CLASS`, добавляющими в него классы операторов, и, возможно, командами `ALTER OPERATOR FAMILY`, добавляющими «слабосвязанные» операторы и соответствующие вспомогательные функции.

Если указывается имя схемы, семейство операторов создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Два семейства операторов в одной схеме могут иметь одинаковые имена, только если они предназначены для разных методов индекса.

Владельцем семейства операторов становится пользователь, создавший его. В настоящее время создавать семейства операторов могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение семейства может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 37.16.

Параметры

имя

Имя создаваемого семейства операторов, возможно, дополненное схемой.

индексный_метод

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

Совместимость

`CREATE OPERATOR FAMILY` является расширением PostgreSQL. Команда `CREATE OPERATOR FAMILY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR FAMILY, DROP OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

CREATE POLICY

CREATE POLICY — создать новую политику защиты на уровне строк для таблицы

Синтаксис

```
CREATE POLICY имя ON имя_таблицы
    [ AS { PERMISSIVE | RESTRICTIVE } ]
    [ FOR { ALL | SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE } ]
    [ TO { имя_роли | PUBLIC | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] ]
    [ USING ( выражение_USING ) ]
    [ WITH CHECK ( выражение_CHECK ) ]
```

Описание

Команда `CREATE POLICY` определяет для таблицы новую политику защиты на уровне строк. Заметьте, что для таблицы должна быть включена защита на уровне строк (используя `ALTER TABLE ... ENABLE ROW LEVEL SECURITY`), чтобы созданные политики действовали.

Политика даёт разрешение на выборку, добавление, изменение или удаление строк, удовлетворяющих соответствующему выражению политики. Существующие строки таблицы проверяются по выражению, указанному в `USING`, тогда как строки, которые могут быть созданы командами `INSERT` или `UPDATE` проверяются по выражению, указанному в `WITH CHECK`. Когда выражение `USING` истинно для заданной строки, эта строка видна пользователю, а если ложно или выдаёт NULL, строка не видна. Когда выражение `WITH CHECK` истинно для заданной строки, эта строка добавляется или изменяется, а если ложно или выдаёт NULL, происходит ошибка.

Для операторов `INSERT` и `UPDATE` выражения `WITH CHECK` применяются после срабатывания триггеров `BEFORE`, но до того, как будут собственно модифицированы данные. Таким образом, триггер `BEFORE ROW` может изменить данные, подлежащие добавлению, и повлиять на результат условия политики защиты. Выражения `WITH CHECK` обрабатываются до каких-либо других ограничений.

Имена политик задаются на уровне таблицы. Таким образом, одно имя политики можно использовать в нескольких разных таблицах и в каждой дать отдельное, подходящее этой таблице определение политики.

Политики могут применяться для определённых команд или для определённых ролей. По умолчанию создаваемые политики применяются для всех команд и ролей, если явно не задано другое. К одной команде могут применяться несколько политик; подробнее рассказывается ниже. В Таблице 272 показано, как к определённым командам применяются разные типы политик.

Для политик, которые могут иметь и выражения `USING`, и выражения `WITH CHECK` (`ALL` и `UPDATE`), в случае отсутствия выражения `WITH CHECK` выражение `USING` будет использоваться и для определения видимости строк (обычное назначение `USING`) и для определения, какие строки разрешено добавить (назначение `WITH CHECK`).

Если для таблицы включена защита на уровне строк, но применимые политики отсутствуют, предполагается политика «запрета по умолчанию», так что никакие строки нельзя будет увидеть или изменить.

Параметры

имя

Имя создаваемой политики. Оно должно отличаться от имён других политик для этой таблицы.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется эта политика.

`PERMISSIVE`

Указывает, что создаваемая политика должна быть разрешительной. Все разрешительные политики, которые применяются к данному запросу, будут объединяться вместе логическим оператором «ИЛИ». Создавая разрешительные политики, администраторы могут расширять множество записей, к которым можно обращаться. Политики являются разрешительными по умолчанию.

`RESTRICTIVE`

Указывает, что создаваемая политика должна быть ограничительной. Все ограничительные политики, которые применяются к данному запросу, будут объединяться вместе логическим оператором «И». Создавая ограничительные политики, администраторы могут сократить множество записей, к которым можно обращаться, так как для каждой записи должны удовлетворяться все ограничительные политики.

Заметьте, что для получения доступа к записям должна быть определена минимум одна разрешительная политика, и только в дополнение к ней могут быть определены имеющие смысл ограничительные политики, ограничивающие доступ. Если разрешительные политики отсутствуют, ни к каким записям обращаться нельзя. Когда определены и разрешительные, и ограничительные политики, запись будет доступна, если удовлетворяется минимум одна из разрешительных политик и все ограничительные.

`команда`

Команда, к которой применяется политика. Допустимые варианты: `ALL`, `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. `ALL` (все) подразумевается по умолчанию. Особенности их применения описаны ниже.

`имя_роли`

Роль (роли), к которой применяется политика. По умолчанию подразумевается `PUBLIC`, то есть политика применяется ко всем ролям.

`выражение_USING`

Произвольное условное выражение SQL (возвращающее `boolean`). Это условное выражение не может содержать агрегатные или оконные функции. Когда включена защита на уровне строк, оно добавляется в запросы, обращающиеся к данной таблице, и в их результатах оказываются видимыми только те строки, для которых оно выдаёт true. Все строки, для которых это выражение возвращает false или NULL, не будут видны пользователю (в запросе `SELECT`), и не будут доступны для модификации (запросами `UPDATE` или `DELETE`). Такая строка просто пропускается, ошибка при этом не выдаётся.

`выражение_CHECK`

Произвольное условное выражение SQL (возвращающее `boolean`). Это условное выражение не может содержать агрегатные или оконные функции. Когда включена защита на уровне строк, оно применяется в запросах `INSERT` и `UPDATE` к этой таблице, так что в них принимаются только те строки, для которых оно выдаёт true. Если это выражение выдаёт false или NULL для любой из добавляемых записей или записей, получаемых при изменении, выдаётся ошибка. Заметьте, что *`ограничение_проверки`* вычисляется для предлагаемого нового содержимого строки, а не для существующих данных.

Политики по командам

`ALL`

Указание `ALL` для политики означает, что она применяется ко всем командам, вне зависимости от типа. Если существует политика `ALL` и другие более детализированные политики, тогда будет применяться и политика `ALL`, и более детализированная политика (или политики). Кроме того, политики `ALL` с выражением `USING` будут применяться и к стороне выборки, и к стороне изменения данных в запросе, если определено только выражение `USING`.

Например, когда выполняется `UPDATE`, политика `ALL` будет фильтровать и строки, которые сможет прочитать `UPDATE` для изменения (применяя выражение `USING`), и окончательные изменённые строки, проверяя, можно ли записать их в таблицу (применяя выражение `WITH CHECK`, если оно определено, или `USING` в противном случае). Если команда `INSERT` или `UPDATE` пытается добавить в таблицу строки, не удовлетворяющие выражению `WITH CHECK` политики `ALL`, вся команда будет прервана.

`SELECT`

Указание `SELECT` для политики означает, что она применяется к запросам `SELECT` и тогда, когда при обращении к отношению, для которого определена политика, задействуется право `SELECT`. В результате запрос `SELECT` выдаст только те записи из отношения, которые удовлетворят политике `SELECT`, и запрос, использующий право `SELECT`, например, запрос `UPDATE`, увидит только записи, разрешённые политикой `SELECT`. Для политики `SELECT` не может задаваться выражение `WITH CHECK`, так как оно действует только когда записи читаются из отношения.

`INSERT`

Указание `INSERT` для политики означает, что она применяется к командам `INSERT`. Если вставляемые строки не проходят проверку политики, выдаётся ошибка нарушения политики и вся команда `INSERT` прерывается. Для политики `INSERT` не может задаваться выражение `USING`, так как она действует только когда в отношение добавляются записи.

Заметьте, что `INSERT` с указанием `ON CONFLICT DO UPDATE` проверяет выражения `WITH CHECK` политик `INSERT` только для строк, добавляемых в отношение по пути `INSERT`.

`UPDATE`

Выбор типа `UPDATE` для политики означает, что она будет применяться к командам `UPDATE`, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE`, а также к дополнительным предложениям `ON CONFLICT DO UPDATE` команд `INSERT`. Так как `UPDATE` подразумевает извлечение существующей записи и замену её новой изменённой записью, политики `UPDATE` принимают как выражение `USING`, так и `WITH CHECK`. Выражение `USING` определяет, какие записи команда `UPDATE` сможет увидеть для последующего изменения, а выражение `WITH CHECK` — какие изменённые строки сохранить в отношении.

Если в какой-либо строке изменённые значения не будут удовлетворять выражению `WITH CHECK`, произойдёт ошибка и вся команда будет прервана. Если указывается только предложение `USING`, его выражение будет применяться и в качестве `USING`, и в качестве выражения `WITH CHECK`.

Обычно команде `UPDATE` также нужно прочитать данные из столбцов подлежащего изменению отношения (например, в предложении `WHERE` или `RETURNING` либо в выражении в правой части предложения `SET`). В этом случае также требуется иметь права `SELECT` в изменяемом отношении и в дополнение к политикам `UPDATE` будут применяться соответствующие политики `SELECT` или `ALL`. Таким образом, помимо того, что пользователю должны разрешать изменение строк политики `UPDATE` или `ALL`, ему также должны разрешать доступ к изменяемым строкам политики `SELECT` или `ALL`.

Когда для команды `INSERT` задано вспомогательное предложение `ON CONFLICT DO UPDATE`, если выбирается путь `UPDATE`, строка, подлежащая изменению, сначала проверяется по выражениям `USING` всех политик `UPDATE`, а затем изменённая строка ещё раз проверяется по выражениям `WITH CHECK`. Заметьте, однако, что в отличие от отдельной команды `UPDATE`, если существующая строка не удовлетворяет выражениям `USING`, будет выдана ошибка (путь `UPDATE` *никогда* не пропускается неявно).

`DELETE`

Указание `DELETE` для политики означает, что она применяется к командам `DELETE`. Команда `DELETE` будет видеть только те строки, которые позволит эта политика. При этом строки могут быть видны через `SELECT`, но удалить их будет нельзя, если они не удовлетворяют выражению `USING` политики `DELETE`.

В большинстве случаев команде DELETE также нужно прочитать данные из столбцов в отношении, из которого осуществляется удаление (например, в предложении WHERE или RETURNING). В таких случаях необходимо также иметь право SELECT для этого отношения, и в дополнение к политикам DELETE будут применятся соответствующие политики SELECT или ALL. Таким образом, пользователь должен получить доступ к удаляемым строкам через политики SELECT или ALL, помимо того что удаление этих строк ему должны разрешить политики DELETE или ALL.

Для политики DELETE не может задаваться выражение WITH CHECK, так как она применяется только тогда, когда записи удаляются из отношения, а в этом случае новые строки, подлежащие проверке, отсутствуют.

Таблица 272. Политики, применяемые для разных команд

Команда	Политика SELECT/ALL	Политика INSERT/ALL	Политика UPDATE/ALL		Политика DELETE/ALL
	Выражение USING	Выражение WITH CHECK	Выражение USING	Выражение WITH CHECK	Выражение USING
SELECT	Существующая строка	—	—	—	—
SELECT FOR UPDATE/SHARE	Существующая строка	—	Существующая строка	—	—
INSERT	—	Новая строка	—	—	—
INSERT ... RETURNING	Новая строка [a]	Новая строка	—	—	—
UPDATE	Существующие и новые строки [a]	—	Существующая строка	Новая строка	—
DELETE	Существующая строка [a]	—	—	—	Существующая строка
ON CONFLICT DO UPDATE	Существующие и новые строки	—	Существующая строка	Новая строка	—

[a]Если для существующей или новой строки требуется доступ на чтение (например, предложение WHERE или RETURNING, обращающееся к столбцам отношения).

Применение нескольких политик

Когда к одной команде применяются несколько политик для различных типов команд (как например, политики SELECT и UPDATE применяются к команде UPDATE), пользователь должен иметь разрешения всех этих типов (например, разрешение для выборки строк из отношения, а также разрешение на их изменение). Таким образом, выражения для одного типа политики комбинируются с выражениями для другого типа операцией И.

Когда к одной команде применяются несколько политик для одного типа команды, доступ к отношению должна дать как минимум одна разрешительная (PERMISSIVE) политика, а также должны удовлетворяться все ограничительные (RESTRICTIVE) политики. Таким образом выражения всех политик PERMISSIVE объединяются операцией ИЛИ, выражения всех политик RESTRICTIVE объединяются операцией И, а полученные результаты объединяются операцией И. Если политики PERMISSIVE отсутствуют, доступ запрещается.

Заметьте, что при объединении нескольких политик, политики ALL применяются как политики каждого применимого в данном случае типа.

Например, в команде UPDATE, требующей разрешений и для SELECT, и для UPDATE, в случае существования нескольких применимых политик каждого типа они будут объединяться следующим образом:

```
выражение from RESTRICTIVE SELECT/ALL policy 1
```

```
AND
выражение from RESTRICTIVE SELECT/ALL policy 2
AND
...
AND
(
  выражение from PERMISSIVE SELECT/ALL policy 1
  OR
  выражение from PERMISSIVE SELECT/ALL policy 2
  OR
  ...
)
AND
выражение from RESTRICTIVE UPDATE/ALL policy 1
AND
выражение from RESTRICTIVE UPDATE/ALL policy 2
AND
...
AND
(
  выражение from PERMISSIVE UPDATE/ALL policy 1
  OR
  выражение from PERMISSIVE UPDATE/ALL policy 2
  OR
  ...
)
```

Примечания

Чтобы создать или изменить политики для таблицы, нужно быть её владельцем.

Хотя политики применяются к явно выполняемым запросам к таблицам БД, они не применяются, когда система выполняет внутренние проверки ссылочной целостности или проверяет ограничения. Это означает, что существуют косвенные пути проверить существование заданного значения. Например, можно попытаться вставить повторяющееся значение в столбец, образующий первичный ключ или имеющую ограничение уникальности. Если при этом произойдёт ошибка, пользователь может заключить, что это значение уже существует. (В данном случае предполагается, что политика разрешает пользователю вставлять записи, которые он может не видеть.) Подобный приём также возможен, если пользователь может вставлять записи в таблицу, которая ссылается на другую, иным образом не видимую. Существование значения можно определить, вставив его в подчинённую таблицу, при этом успешный результат операции будет признаком того, что это значение есть в главной таблице. Эти изъяны можно устранить, либо тщательно разработав политики, которые вовсе не позволят пользователям выполнять операции добавления, изменения и удаления, по результатам которых можно узнать о значениях в таблицах, не видимых иным образом, либо используя генерируемые значения (например, суррогатные ключи).

Вообще система будет применять фильтры, устанавливаемые политиками безопасности, до условий в запросах пользователя, чтобы предотвратить нежелательную утечку защищаемых данных через пользовательские функции, которые могут быть недоверенными. Однако функции и операторы, помеченные системой (или системным администратором) как `LEAKPROOF` (герметичные) могут вычисляться до условий политики, так как они считаются доверенными.

Так как выражения политики добавляются непосредственно в запрос пользователя, они выполняются с правами пользователя, запускающего исходный запрос. Таким образом, пользователи, на которых распространяется заданная политика, должны иметь права для обращения ко всем таблицам и функциям, задействованным в выражении, иначе им просто будет отказано в доступе при попытке обращения к целевой таблице (если для неё включена защита на уровне строк). Однако это не влияет на работу представлений — как и с обычными запросами и представлениями, проверки разрешений и политики для нижележащих таблиц представления будут выполняться с правами владельца представления, и при этом будут действовать политики, распространяющиеся на этого владельца.

Дополнительное описание и практические примеры можно найти в Разделе 5.8.

Совместимость

`CREATE POLICY` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER POLICY, DROP POLICY, ALTER TABLE

CREATE PROCEDURE

CREATE PROCEDURE — создать процедуру

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] PROCEDURE
    имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ { DEFAULT |
 = } выражение_по_умолчанию ] [, ...] ] )
  { LANGUAGE имя_языка
    | TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ]
    | [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
    | SET параметр_конфигурации { TO значение | = значение | FROM CURRENT }
    | AS 'определение'
    | AS 'объектный_файл', 'объектный_символ'
  } ...
```

Описание

Команда `CREATE PROCEDURE` определяет новую процедуру. `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` создаёт новую процедуру либо заменяет определение уже существующей. Чтобы определить процедуру, необходимо иметь право `USAGE` для соответствующего языка.

Если указано имя схемы, процедура создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Имя новой процедуры должно отличаться от имён существующих процедур и функций с такими же типами аргументов в этой схеме. Однако процедуры и функции с аргументами разных типов могут иметь одно имя (это называется *перегрузкой*).

Команда `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` предназначена для изменения текущего определения существующей процедуры. С её помощью нельзя изменить имя или типы аргументов (если попытаться сделать это, будет создана новая отдельная процедура).

Когда команда `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` заменяет существующую процедуру, владелец и права доступа к этой процедуре не меняются. Все другие свойства процедуры получают значения, задаваемые командой явно или по умолчанию. Чтобы заменить процедуру, необходимо быть её владельцем (или быть членом роли-владельца).

Владельцем процедуры становится создавший её пользователь.

Чтобы создать процедуру, необходимо иметь право `USAGE` для типов её аргументов.

За дополнительной информацией о разработке процедур обратитесь к Разделу 37.4.

Параметры

имя

Имя создаваемой процедуры (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN`, `INOUT` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`. (Режим `OUT` для процедур в настоящее время не поддерживается. Используйте вместо него `INOUT`.)

имя_аргумента

Имя аргумента.

тип_аргумента

Тип данных аргумента процедуры (возможно, дополненный схемой), при наличии аргументов. Тип аргументов может быть базовым, составным или доменным, либо это может быть ссылка на столбец таблицы.

В зависимости от языка реализации также может допускаться указание «псевдотипов», например, `cstring`. Псевдотипы показывают, что фактический тип аргумента либо определён не полностью, либо существует вне множества обычных типов SQL.

Ссылка на тип столбца записывается в виде *имя_таблицы*.*имя_столбца*`%TYPE`. Иногда такое указание бывает полезно, так как позволяет создать процедуру, независящую от изменений в определении таблицы.

выражение_по_умолчанию

Выражение, используемое для вычисления значения по умолчанию, если параметр не задан явно. Результат выражения должен сводиться к типу соответствующего параметра. Для всех входных параметров, следующих за параметром с определённым значением по умолчанию, также должны быть определены значения по умолчанию.

имя_языка

Имя языка, на котором реализована функция. Это может быть `sql`, `c`, `internal` либо имя процедурного языка, определённого пользователем, например, `plpgsql`. Стиль написания этого имени в апострофах считается устаревшим и требует точного совпадения регистра.

`TRANSFORM { FOR TYPE` *имя_типа* `} [, ... ] }`

Устанавливает список трансформаций, которые должны применяться при вызове процедуры. Трансформации выполняют преобразования между типами SQL и типами данных, специфичными для языков; см. CREATE TRANSFORM. Преобразования встроенных типов обычно жёстко предопределены в реализациях процедурных языков, так что их здесь указывать не нужно. Если реализация процедурного языка не может обработать тип и трансформация для него отсутствует, будет выполнено преобразование типов по умолчанию, но это зависит от реализации.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`
`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Характеристика `SECURITY INVOKER` (безопасность вызывающего) показывает, что процедура будет выполняться с правами пользователя, вызвавшего её. Этот вариант подразумевается по умолчанию. Вариант `SECURITY DEFINER` (безопасность определившего) обозначает, что процедура выполняется с правами пользователя, владеющего ей.

Ключевое слово `EXTERNAL` (внешняя) допускается для соответствия стандарту SQL, но является необязательным, так как, в отличие от SQL, эта характеристика распространяется на все процедуры, а не только внешние.

В процедуре с характеристикой `SECURITY DEFINER` не могут выполняться операторы управления транзакциями (например, `COMMIT` и `ROLLBACK` в некоторых языках).

параметр_конфигурации
значение

Предложение `SET` определяет, что при вызове процедуры указанный параметр конфигурации должен принять заданное значение, а затем восстановить своё предыдущее значение при завершении процедуры. Предложение `SET FROM CURRENT` сохраняет в качестве значения, которое будет применено при входе в процедуру, значение, действующее в момент выполнения `CREATE PROCEDURE`.

Если в определение процедуры добавлено `SET`, то действие команды `SET LOCAL`, выполняемой внутри процедуры для того же параметра, ограничивается телом процедуры: предыдущее значение параметра так же будет восстановлено при завершении процедуры. Однако обычная команда `SET` (без `LOCAL`) переопределяет предложение `SET`, как и предыдущую команду `SET LOCAL`: действие такой команды будет сохранено и после завершения процедуры, если только не произойдёт откат транзакции.

Если к определению процедуры добавлено `SET`, то в этой процедуре не могут выполняться операторы управления транзакциями (например, `COMMIT` и `ROLLBACK` в некоторых языках).

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

определение

Строковая константа, определяющая реализацию процедуры; её значение зависит от языка. Это может быть имя внутренней процедуры, путь к объектному файлу, команда SQL или код на процедурном языке.

Часто бывает полезно заключать определение процедуры в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в традиционные апострофы. Если не использовать доллары, все апострофы и обратные косые черты в определении процедуры придётся экранировать, дублируя их.

объектный_файл, *объектный_символ*

Эта форма предложения `AS` применяется для динамически загружаемых процедур на языке C, когда имя процедуры в коде C не совпадает с именем процедуры в SQL. Строка *объектный_файл* задаёт имя файла, содержащего скомпилированную процедуру на C (данная команда воспринимает эту строку так же, как и LOAD). Строка *объектный_символ* задаёт символ скомпонованной процедуры, то есть имя процедуры в исходном коде на языке C. Если объектный символ не указан, предполагается, что он совпадает с именем определяемой SQL-процедуры.

Если повторные вызовы `CREATE PROCEDURE` ссылаются на один и тот же объектный файл, он загружается в рамках сеанса только один раз. Чтобы выгрузить и загрузить этот файл снова (например, в процессе разработки), начните новый сеанс.

Примечания

Дополнительные детали создания функций, которые применимы и к процедурам, описываются в CREATE FUNCTION.

Чтобы выполнить процедуру, воспользуйтесь командой CALL.

Примеры

```
CREATE PROCEDURE insert_data(a integer, b integer)
LANGUAGE SQL
AS $$
INSERT INTO tbl VALUES (a);
INSERT INTO tbl VALUES (b);
$$;

CALL insert_data(1, 2);
```

Совместимость

Команда `CREATE PROCEDURE` определена в стандарте SQL. Её реализация в PostgreSQL близка к стандартизированной, но совместима с ней не полностью. Дополнительные подробности можно найти в описании CREATE FUNCTION.

См. также

ALTER PROCEDURE, DROP PROCEDURE, CALL, CREATE FUNCTION

CREATE PUBLICATION

CREATE PUBLICATION — создать публикацию

Синтаксис

```
CREATE PUBLICATION имя
    [ FOR TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
      | FOR ALL TABLES ]
    [ WITH ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE PUBLICATION` создаёт новую публикацию в текущей базе данных. Имя публикации должно отличаться от имён других существующих публикаций в текущей базе.

Публикация по сути является группой таблиц, изменения в данных которых должны реплицироваться с использованием логической репликации. Подробнее о том, как публикации вписываются в схему логической репликации, рассказывается в Разделе 30.1.

Параметры

имя

Имя новой публикации.

`FOR TABLE`

Задаёт список таблиц, добавляемых в публикацию. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, в публикацию добавляется только заданная таблица. Без `ONLY` добавляется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что должны включаться и все дочерние таблицы. Однако это не распространяется на секционированные таблицы. Секции секционированной таблицы всегда неявно считаются частью публикации, поэтому они никогда не добавляются в публикацию явным образом.

В публикацию могут включаться только постоянные базовые и секционированные таблицы. Временные, нежурналируемые и сторонние таблицы, а также материализованные и обычные представления не могут входить в публикацию.

Когда в публикацию добавляется секционированная таблица, все её существующие и будущие секции неявно становятся частью публикации. Поэтому даже операции, выполняемые непосредственно с секцией, также публикуются через публикации, в которые включена её родительская таблица.

`FOR ALL TABLES`

Устанавливает, что данная публикация охватывает изменения во всех таблицах в базе данных, включая таблицы, которые будут созданы позже.

`WITH ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] )`

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры публикации:

`publish` (`string`)

Этот параметр определяет, какие операции DML будет передавать новая публикация её подписчикам. В качестве его значения через запятую задаётся список операций из следующих: `insert`, `update`, `delete` и `truncate`. По умолчанию публикуются все действия, так что этот параметр имеет значение по умолчанию `'insert, update, delete, truncate'`.

`publish_via_partition_root` (`boolean`)

Этот параметр определяет, будут ли изменения в секции секционированной таблицы, включённой в публикацию, публиковаться как произошедшие в секционированной таблице (с её именем и схемой), а не в той секции, где они фактически имели место (это поведение по умолчанию). Включение этого параметра позволяет реплицировать изменения в несекционированную таблицу или в таблицу, состоящую из другого набора секций.

Когда этот параметр включён, операции `TRUNCATE`, выполняемые непосредственно с секциями, не реплицируются.

Примечания

Если не задано ни `FOR TABLE`, ни `FOR ALL TABLES`, публикация создаётся с пустым набором таблиц. Это полезно, если таблицы будут добавляться позднее.

Создание публикации не влечёт немедленный запуск репликации. Эта операция только определяет логику группирования и фильтрации для будущих подписчиков.

Чтобы создать публикацию, пользователь должен иметь право `CREATE` в текущей базе данных. (Разумеется, на суперпользователей это условие не распространяется.)

Чтобы добавить таблицу в публикацию, пользователь должен иметь права владельца этой таблицы. Для использования предложения `FOR ALL TABLES` пользователь должен быть суперпользователем.

Таблицы, добавляемые в публикацию, которая охватывает операции `UPDATE` и/или `DELETE`, должны иметь свойство `REPLICA IDENTITY`. В противном случае отслеживание этих операций для таблиц будет запрещено.

Для команды `INSERT ... ON CONFLICT` публикация будет выдавать операцию, к которой сводится команда. В зависимости от исхода команды, она может быть опубликована либо как `INSERT`, либо как `UPDATE`, либо не будет опубликована вовсе.

Присоединение (`ATTACH`) таблицы к дереву секционирования, корень которого включён в публикацию со свойством параметра `publish_via_partition_root` равным `true`, не приводит к репликации существующего содержимого таблицы.

Команды `COPY ... FROM` публикуются в виде операций `INSERT`.

Операции DDL не публикуются.

Примеры

Создание публикации, охватывающей изменения в двух таблицах:

```
CREATE PUBLICATION mypublication FOR TABLE users, departments;
```

Создание публикации, охватывающей все изменения во всех таблицах:

```
CREATE PUBLICATION alltables FOR ALL TABLES;
```

Создание публикации, охватывающей только операции `INSERT` в одной таблице:

```
CREATE PUBLICATION insert_only FOR TABLE mydata
    WITH (publish = 'insert');
```

Совместимость

`CREATE PUBLICATION` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER PUBLICATION, DROP PUBLICATION, CREATE SUBSCRIPTION, ALTER SUBSCRIPTION

CREATE ROLE

CREATE ROLE — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE ROLE имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]

Здесь параметр:

      SUPERUSER | NOSUPERUSER
    | CREATEDB | NOCREATEDB
    | CREATEROLE | NOCREATEROLE
    | INHERIT | NOINHERIT
    | LOGIN | NOLOGIN
    | REPLICATION | NOREPLICATION
    | BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
    | CONNECTION LIMIT предел_подключений
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль' | PASSWORD NULL
    | VALID UNTIL 'дата_время'
    | IN ROLE имя_роли [, ...]
    | IN GROUP имя_роли [, ...]
    | ROLE имя_роли [, ...]
    | ADMIN имя_роли [, ...]
    | USER имя_роли [, ...]
    | SYSID uid
```

Описание

`CREATE ROLE` добавляет новую роль в кластер баз данных PostgreSQL. Роль — это сущность, которая может владеть объектами и иметь определённые права в базе; роль может представлять «пользователя», «группу» или и то, и другое, в зависимости от варианта использования. За информацией об управлении пользователями и проверке подлинности обратитесь к Главе 21 и Главе 20. Чтобы выполнить эту команду, необходимо быть суперпользователем или иметь право `CREATEROLE`.

Учтите, что роли определяются на уровне кластера баз данных, так что они действуют во всех базах в кластере.

Параметры

имя

Имя создаваемой роли.

`SUPERUSER`
`NOSUPERUSER`

Эти предложения определяют, будет ли эта роль «суперпользователем», который может переопределить все ограничения доступа в базе данных. Статус суперпользователя несёт опасность и назначать его следует только в случае необходимости. Создать нового суперпользователя может только суперпользователь. В отсутствие этих предложений по умолчанию подразумевается `NOSUPERUSER`.

`CREATEDB`
`NOCREATEDB`

Эти предложения определяют, сможет ли роль создавать базы данных. Указание `CREATEDB` даёт новой роли это право, а `NOCREATEDB` запрещает роли создавать базы данных. По умолчанию подразумевается `NOCREATEDB`.

CREATEROLE
NOCREATEROLE

Эти предложения определяют, сможет ли роль создавать, изменять и удалять другие роли, добавлять для них комментарии и изменять метку безопасности, а также выдавать или отбирать членство в любых ролях. Подробнее возможности, предоставляемые этим правом, описаны в Создание роли. Если предложение не указано, по умолчанию используется NOCREATEROLE.

INHERIT
NOINHERIT

Эти предложения определяют, будет ли роль «наследовать» права ролей, членом которых она является. Роль с атрибутом INHERIT может автоматически использовать в базе данных любые права, назначенные всем ролям, в которые она включена, непосредственно или опосредованно. Без INHERIT членство в другой роли позволяет только выполнить SET ROLE и переключиться на эту роль; правами, назначенными другой роли, можно будет пользоваться только после этого. По умолчанию подразумевается INHERIT.

LOGIN
NOLOGIN

Эти предложения определяют, разрешается ли новой роли вход на сервер; то есть, может ли эта роль стать начальным авторизованным именем при подключении клиента. Можно считать, что роль с атрибутом LOGIN соответствует пользователю. Роли без этого атрибута бывают полезны для управления доступом в базе данных, но это не пользователи в обычном понимании. По умолчанию подразумевается вариант NOLOGIN, за исключением вызова CREATE ROLE в виде CREATE USER.

REPLICATION
NOREPLICATION

Эти предложения определяют, будет ли роль ролью репликации. Чтобы роль могла подключаться к серверу в режиме репликации (в режиме физической или логической репликации) и создавать/удалять слоты репликации, у неё должен быть этот атрибут (либо это должна быть роль суперпользователя). Роль, имеющая атрибут REPLICATION, обладает очень большими привилегиями и поэтому этот атрибут должны иметь только роли, фактически используемые для репликации. По умолчанию подразумевается вариант NOREPLICATION. Создавать роли с атрибутом REPLICATION разрешено только суперпользователям.

BYPASSRLS
NOBYPASSRLS

Эти предложения определяют, будут ли для роли игнорироваться все политики защиты на уровне строк (RLS). По умолчанию подразумевается вариант NOBYPASSRLS. Создавать роли с атрибутом BYPASSRLS разрешено только суперпользователям.

Заметьте, что pg_dump по умолчанию отключает row_security (устанавливает значение OFF), чтобы гарантированно было выгружено всё содержимое таблицы. Если пользователь, запускающий pg_dump, не будет иметь необходимых прав, он получит ошибку. Однако суперпользователи и владелец выгружаемой таблицы всегда обходят защиту RLS.

CONNECTION LIMIT *предел_подключений*

Если роли разрешён вход, этот параметр определяет, сколько параллельных подключений может установить роль. Значение -1 (по умолчанию) снимает ограничение. Заметьте, что под это ограничение подпадают только обычные подключения. Ни подготовленные транзакции, ни соединения фоновых рабочих процессов в расчёт не берутся.

[ENCRYPTED] PASSWORD '*пароль*'
PASSWORD NULL

Задаёт пароль роли. (Пароль полезен только для ролей с атрибутом LOGIN, но задать его можно и для ролей без такого атрибута.) Если проверка подлинности по паролю не будет использоваться, этот параметр можно опустить. При указании пустого значения будет задан пароль NULL, что не позволит данному пользователю пройти проверку подлинности по паролю. При желании пароль NULL можно установить явно, указав `PASSWORD NULL`.

> **Примечание**
>
> Если задана пустая строка, пароль также будет сброшен в NULL, но в PostgreSQL до версии 10 было не так. В ранних версиях пустая строка могла приниматься или нет, в зависимости от метода аутентификации и версии сервера, а libpq не давала использовать такой пароль в любом случае. Во избежание неоднозначности указывать пустую строку в качестве пароля не следует.

Пароль всегда хранится в системных каталогах в зашифрованном виде. Ключевое слово `ENCRYPTED` не имеет эффекта, но принимается для обратной совместимости. Метод шифрования определяется параметром конфигурации password_encryption. Если представленная строка пароля уже зашифрована с применением MD5 или SCRAM, она сохраняется как есть вне зависимости от значения `password_encryption` (так как система не может расшифровать переданный зашифрованной пароль, чтобы зашифровать его по другому алгоритму). Это позволяет пересохранять зашифрованные пароли при выгрузке/восстановлении.

`VALID UNTIL` '*дата_время*'

Предложение `VALID UNTIL` устанавливает дату и время, после которого пароль роли перестаёт действовать. Если это предложение отсутствует, срок действия пароля будет неограниченным.

`IN ROLE` *имя_роли*

В предложении `IN ROLE` перечисляются одна или несколько существующих ролей, в которые будет немедленно включена новая роль. (Заметьте, что добавить новую роль с правами администратора таким образом нельзя; для этого надо отдельно выполнить команду `GRANT`.)

`IN GROUP` *имя_роли*

`IN GROUP` — устаревшее написание предложения `IN ROLE`.

`ROLE` *имя_роли*

В предложении `ROLE` перечисляются одна или несколько существующих ролей, которые автоматически становятся членами создаваемой роли. (По сути таким образом новая роль становится «группой».)

`ADMIN` *имя_роли*

Предложение `ADMIN` подобно `ROLE`, но перечисленные в нём роли включаются в новую роль с атрибутом `WITH ADMIN OPTION`, что даёт им право включать в эту роль другие роли.

`USER` *имя_роли*

Предложение `USER` является устаревшим написанием предложения `ROLE`.

`SYSID` *uid*

Предложение `SYSID` игнорируется, но принимается для обратной совместимости.

Примечания

Для изменения атрибутов роли применяется ALTER ROLE, а для удаления роли — DROP ROLE. Все атрибуты, заданные в `CREATE ROLE`, могут быть изменены позднее командами `ALTER ROLE`.

Для добавления и удаления членов ролей, используемых в качестве групп, рекомендуется использовать GRANT и REVOKE.

Предложение `VALID UNTIL` определяет срок действия только пароля, но не роли как таковой. В частности, ограничение срока пароля не действует при входе пользователя без проверки подлинности по паролю.

Атрибут `INHERIT` управляет наследованием назначаемых прав (то есть правами доступа к объектам баз данных и членством в ролях). Его действие не распространяется на специальные атрибуты, устанавливаемые командами `CREATE ROLE` и `ALTER ROLE`. Например, членства в роли с правом `CREATEDB` недостаточно для получения права создавать базы данных, даже если установлен атрибут `INHERIT`; чтобы воспользоваться правом создавать базы данных, необходимо переключиться на эту роль, выполнив SET ROLE.

Атрибут `INHERIT` устанавливается по умолчанию в целях обратной совместимости: в предыдущих выпусках PostgreSQL пользователи всегда обладали всеми правами групп, в которые они были включены. Однако `NOINHERIT` по смыслу ближе к тому, что описано в стандарте SQL.

Будьте осторожны с правом `CREATEROLE`. На роли, создаваемые командой `CREATEROLE`, не распространяется концепция наследования. Это значит, что даже если роль не имеет определённого права, но может создавать другие роли, она вполне способна создать другую роль с отличным набором прав (за исключением создания ролей с правами суперпользователя). Например, если роль «user» имеет право `CREATEROLE`, но не `CREATEDB`, она тем не менее может создать новую роль с правом `CREATEDB`. Поэтому роль с правом `CREATEROLE` следует воспринимать как роль почти суперпользователя.

PostgreSQL включает программу createuser, которая предоставляет ту же функциональность, что и команда `CREATE ROLE` (на самом деле она вызывает эту команду), но может запускаться в командной оболочке.

Ограничение `CONNECTION LIMIT` действует только приблизительно; если одновременно запускаются два сеанса, тогда как для этой роли остаётся только одно «свободное место», может так случиться, что будут отклонены оба подключения. Кроме того, это ограничение не распространяется на суперпользователей.

Указывая в этой команде незашифрованный пароль, следует проявлять осторожность. Пароль будет передаваться на сервер открытым текстом и может также записываться в историю команд клиента или в протокол работы сервера. Команда createuser, однако, передаёт пароль зашифрованным. Кроме того, в psql есть команда `\password`, с помощью которой можно безопасно сменить пароль позже.

Примеры

Создание роли, для которой разрешён вход, но не задан пароль:

```
CREATE ROLE jonathan LOGIN;
```

Создание роли с паролем:

```
CREATE USER davide WITH PASSWORD 'jw8s0F4';
```

(`CREATE USER` действует так же, как `CREATE ROLE`, но подразумевает ещё и атрибут `LOGIN`.)

Создание роли с паролем, действующим до конца 2004 г., то есть пароль перестаёт действовать в первую же секунду 2005 г.

```
CREATE ROLE miriam WITH LOGIN PASSWORD 'jw8s0F4' VALID UNTIL '2005-01-01';
```

Создание роли, которая может создавать базы данных и управлять ролями:

```
CREATE ROLE admin WITH CREATEDB CREATEROLE;
```

Совместимость

Оператор `CREATE ROLE` описан в стандарте SQL, но стандарт требует поддержки только следующего синтаксиса:

```
CREATE ROLE имя [ WITH ADMIN имя_роли ]
```

Возможность создавать множество начальных администраторов и все другие параметры `CREATE ROLE` относятся к расширениям PostgreSQL.

В стандарте SQL определяются концепции пользователей и ролей, но в нём они рассматриваются как отдельные сущности, а все команды создания пользователей считаются внутренней спецификой СУБД. В PostgreSQL мы решили объединить пользователей и роли в единую сущность, так что роли получили дополнительные атрибуты, не описанные в стандарте.

Поведение, наиболее близкое к описанному в стандарте SQL, можно получить, если создавать пользователей с атрибутом `NOINHERIT`, а роли — с атрибутом `INHERIT`.

См. также

SET ROLE, ALTER ROLE, DROP ROLE, GRANT, REVOKE, createuser

CREATE RULE

CREATE RULE — создать правило перезаписи

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] RULE имя AS ON событие
    TO имя_таблицы [ WHERE условие ]
    DO [ ALSO | INSTEAD ] { NOTHING | команда | ( команда ; команда ... ) }

Здесь допускается событие:

    SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE
```

Описание

`CREATE RULE` создаёт правило, применяемое к указанной таблице или представлению. `CREATE OR REPLACE RULE` либо создаёт новое правило, либо заменяет существующее с тем же именем для той же таблицы.

Система правил PostgreSQL позволяет определить альтернативное действие, заменяющее операции добавления, изменения или удаления данных в таблицах базы данных. Грубо говоря, правило описывает дополнительные команды, которые будут выполняться при вызове определённой команды для определённой таблицы. Кроме того, правило `INSTEAD` может заменить заданную команду другой, либо сделать, чтобы она не выполнялась вовсе. Правила также применяются для реализации SQL-запросов. Важно понимать, что правило это фактически механизм преобразования команд (макрос). Заданное преобразование имеет место до начала выполнения команды. Когда требуется выполнить некоторую операцию независимо для каждой физической строки, скорее всего, для этого нужно применять триггер, а не правило. Более подробно о системе правил можно узнать в Главе 40.

В настоящее время правила `ON SELECT` можно применять только к представлениям. (Применение такого правила к таблице преобразует таблицу в представление.) Такое правило должно называться `"_RETURN"`, быть безусловным, с характеристикой `INSTEAD` (вместо исходного), и его действия должны состоять из единственной команды `SELECT`, определяющей видимое содержимое представления. (Само представление по сути является фиктивной таблицей без хранилища.) Лучше всего рассматривать такое правило как деталь реализации. Хотя представление можно переопределить с помощью `CREATE OR REPLACE RULE "_RETURN" AS ...`, лучше использовать `CREATE OR REPLACE VIEW`.

С помощью правил можно создать иллюзию изменяемого представления, определив правила `ON INSERT`, `ON UPDATE` и `ON DELETE` (либо только те, которых достаточно для решения поставленной задачи) и заменив операции изменения данных в представлении соответствующими действиями с другими таблицами. Если требуется поддерживать оператор `INSERT RETURNING` и подобные ему, в каждое из этих правило обязательно нужно поместить подходящее предложение `RETURNING`.

Использование правил с условиями для сложных изменений представлений связано с одним ограничением: для каждого действия, которое вы хотите разрешить для представления, *необходимо* определить безусловное правило `INSTEAD`. Если определено только условное правило, или правило не типа `INSTEAD`, система отвергнет попытки выполнить изменения, предполагая, что в некоторых случаях изменения могут свестись к операциям с фиктивной нижележащей таблицей. При желании обработать все полезные случаи изменений в условных правилах, добавьте безусловное правило `DO INSTEAD NOTHING`, чтобы система понимала, что ей никогда не придётся изменять нижележащую таблицу. Затем создайте условные правила без свойства `INSTEAD`; в тех случаях, когда они будут применяться, их действия будут добавлены к действию по умолчанию `INSTEAD NOTHING`. (Однако этот способ в настоящее время не подходит для реализации запросов `RETURNING`.)

> **Примечание**
>
> Представления, достаточно простые для реализации автоматического обновления (см. CREATE VIEW), могут быть изменяемыми без пользовательских правил. Хотя вы тем не менее можете создать явное правило, обычно автоматическое преобразование будет работать лучше такого правила.
>
> Другая, заслуживающая рассмотрения, альтернатива правилам — триггеры `INSTEAD OF` (см. CREATE TRIGGER).

Параметры

имя

Имя создаваемого правила. Оно должно отличаться от имён любых других правил для той же таблицы. При наличии нескольких правил для одной таблицы и одного типа события они применяются в алфавитном порядке.

событие

Тип события: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. Заметьте, что команду `INSERT` с предложением `ON CONFLICT` нельзя использовать с таблицами, для которых определены правила `INSERT` или `UPDATE`. В этом случае подумайте о применении изменяемых представлений.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

условие

Любое выражение условия SQL (возвращающее `boolean`). Это выражение не может ссылаться на какие-либо таблицы, кроме как на `NEW` и `OLD`, и не может содержать агрегатные функции.

`INSTEAD`

`INSTEAD` указывает, что заданные команды должны выполняться *вместо* исходной команды.

`ALSO`

`ALSO` указывает, что заданные команды должны выполняться *в дополнение к* исходной команде.

Если ни `ALSO`, ни `INSTEAD` не указано, по умолчанию подразумевается `ALSO`.

команда

Команда или команды, составляющие действие правила. Здесь допустимы команды: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `NOTIFY`.

В параметрах *условие* и *команда* можно использовать имена специальных таблиц `NEW` и `OLD` для обращения к значениям в соответствующей таблице. `NEW` (новая) принимается в правилах `ON INSERT` и `ON UPDATE` и обозначает ссылку на новую строку, добавляемую или изменяемую. `OLD` (старая) принимается в правилах `ON UPDATE` и `ON DELETE` и обозначает ссылку на существующую строку, изменяемую или удаляемую.

Примечания

Чтобы создать или изменить правила для таблицы, нужно быть её владельцем.

В правило для `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` для представления можно добавить предложение `RETURNING`, выдающее столбцы представления. Это предложение будет генерировать результат, если правило сработает при выполнении команды INSERT RETURNING, UPDATE RETURNING или DELETE RETURNING. Когда правило срабатывает при выполнении команды без RETURNING, предложение RETURNING этого правила игнорируется. В текущей реализации только безусловные правила INSTEAD могут содержать RETURNING; более того, допускается максимум одно предложение RETURNING среди всех правил для некоторого события. (Благодаря этому ограничению, только одно предложение RETURNING может быть выбрано для вычисления результатов.) Запросы с RETURNING к данному представлению не будут выполняться, если ни одно из определённых для него правил не содержит предложение RETURNING.

Очень важно следить за тем, чтобы правила не зацикливались. Например, два следующих определения правил будут приняты PostgreSQL, но при попытке выполнить команду SELECT PostgreSQL сообщит об ошибке из-за рекурсивного расширения правила:

```
CREATE RULE "_RETURN" AS
    ON SELECT TO t1
    DO INSTEAD
        SELECT * FROM t2;

CREATE RULE "_RETURN" AS
    ON SELECT TO t2
    DO INSTEAD
        SELECT * FROM t1;

SELECT * FROM t1;
```

В настоящее время, если действие правила содержит команду NOTIFY, эта команда будет выполняться безусловно, то есть, NOTIFY будет выдаваться, даже если не найдётся никаких строк, к которым бы применялось правило. Например, в следующем примере:

```
CREATE RULE notify_me AS ON UPDATE TO mytable DO ALSO NOTIFY mytable;

UPDATE mytable SET name = 'foo' WHERE id = 42;
```

одно событие NOTIFY будет отправлено при выполнении команды UPDATE, даже если никакие строки не соответствуют условию id = 42. Это недостаток текущей реализации, который может быть исправлен в будущих версиях.

Совместимость

Оператор CREATE RULE является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

ALTER RULE, DROP RULE

CREATE SCHEMA

CREATE SCHEMA — создать схему

Синтаксис

```
CREATE SCHEMA имя_схемы [ AUTHORIZATION указание_роли ] [ элемент_схемы [ ... ] ]
CREATE SCHEMA AUTHORIZATION указание_роли [ элемент_схемы [ ... ] ]
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS имя_схемы [ AUTHORIZATION указание_роли ]
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS AUTHORIZATION указание_роли

Здесь указание_роли:

    имя_пользователя
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER
```

Описание

`CREATE SCHEMA` создаёт новую схему в текущей базе данных. Имя схемы должно отличаться от имён других существующих схем в текущей базе данных.

Схема по сути представляет собой пространство имён: она содержит именованные объекты (таблицы, типы данных, функции и операторы), имена которых могут совпадать с именами других объектов, существующих в других схемах. Для обращения к объекту нужно либо «дополнить» его имя именем схемы в виде префикса, либо установить путь поиска, включающий требуемую схему. Команда `CREATE`, в которой указывается неполное имя объекта, создаёт объект в текущей схеме (схеме, стоящей первой в пути поиска; узнать её позволяет функция `current_schema`).

Команда `CREATE SCHEMA` может дополнительно включать подкоманды, создающие объекты в новой схеме. Эти подкоманды по сути воспринимаются как отдельные команды, выполняемые после создания схемы, за исключением того, что с предложением `AUTHORIZATION` все создаваемые объекты будут принадлежать указанному в нём пользователю.

Параметры

`имя_схемы`

Имя создаваемой схемы. Если оно опущено, именем схемы будет *`имя_пользователя`*. Это имя не может начинаться с `pg_`, так как такие имена зарезервированы для системных схем.

`имя_пользователя`

Имя пользователя (роли), назначаемого владельцем новой схемы. Если опущено, по умолчанию владельцем будет пользователь, выполняющий команды. Чтобы назначить владельцем создаваемой схемы другую роль, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом этой роли, либо суперпользователем.

`элемент_схемы`

Оператор SQL, определяющий объект, создаваемый в новой схеме. В настоящее время `CREATE SCHEMA` может содержать только подкоманды `CREATE TABLE`, `CREATE VIEW`, `CREATE INDEX`, `CREATE SEQUENCE`, `CREATE TRIGGER` и `GRANT`. Создать объекты других типов можно отдельными командами после создания схемы.

`IF NOT EXISTS`

Не делать ничего (только выдать замечание), если схема с таким именем уже существует. Когда используется это указание, эта команда не может содержать подкоманды *`элемент_схемы`*.

Примечания

Чтобы создать схему, пользователь должен иметь право CREATE в текущей базе данных. (Разумеется, на суперпользователей это условие не распространяется.)

Примеры

Создание схемы:

```
CREATE SCHEMA myschema;
```

Создание схемы для пользователя joe; схема так же получит имя joe:

```
CREATE SCHEMA AUTHORIZATION joe;
```

Создание схемы с именем test, владельцем которой будет пользователь joe, если только схема test ещё не существует. (Является ли владельцем существующей схемы пользователь joe, значения не имеет.)

```
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS test AUTHORIZATION joe;
```

Создание схемы, в которой сразу создаются таблица и представление:

```
CREATE SCHEMA hollywood
    CREATE TABLE films (title text, release date, awards text[])
    CREATE VIEW winners AS
        SELECT title, release FROM films WHERE awards IS NOT NULL;
```

Заметьте, что отдельные подкоманды не завершаются точкой с запятой.

Следующие команды приводят к тому же результату другим способом:

```
CREATE SCHEMA hollywood;
CREATE TABLE hollywood.films (title text, release date, awards text[]);
CREATE VIEW hollywood.winners AS
    SELECT title, release FROM hollywood.films WHERE awards IS NOT NULL;
```

Совместимость

Стандарт SQL также допускает в команде CREATE SCHEMA предложение DEFAULT CHARACTER SET и дополнительные типы подкоманд, которые PostgreSQL в настоящее время не принимает.

В стандарте SQL говорится, что подкоманды в CREATE SCHEMA могут следовать в любом порядке. Однако текущая реализация в PostgreSQL не воспринимает все возможные варианты ссылок вперёд в подкомандах, поэтому иногда возникает необходимость переупорядочить подкоманды, чтобы исключить такие ссылки.

Согласно стандарту SQL, владелец схемы всегда владеет всеми объектами в ней, но PostgreSQL допускает размещение в схемах объектов, принадлежащих не владельцу схемы. Такая ситуация возможна, только если владелец схемы даст право CREATE в этой схеме кому-либо другому, либо объекты в ней будет создавать суперпользователь.

Указание IF NOT EXISTS является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER SCHEMA, DROP SCHEMA

CREATE SEQUENCE

CREATE SEQUENCE — создать генератор последовательности

Синтаксис

```
CREATE [ TEMPORARY | TEMP ] SEQUENCE [ IF NOT EXISTS ] имя
    [ AS тип_данных ]
    [ INCREMENT [ BY ] шаг ]
    [ MINVALUE мин_значение | NO MINVALUE ] [ MAXVALUE макс_значение | NO MAXVALUE ]
    [ START [ WITH ] начало ] [ CACHE кеш ] [ [ NO ] CYCLE ]
    [ OWNED BY { имя_таблицы.имя_столбца | NONE } ]
```

Описание

`CREATE SEQUENCE` создаёт генератор последовательности. Эта операция включает создание и инициализацию специальной таблицы *имя*, содержащей одну строку. Владельцем генератора будет пользователь, выполняющий эту команду.

Если указано имя схемы, последовательность создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Временные последовательности существуют в специальной схеме, так что при создании таких последовательностей имя схемы задать нельзя. Имя последовательности должно отличаться от имён других последовательностей, таблиц, индексов, представлений или сторонних таблиц, уже существующих в этой схеме.

После создания последовательности работать с ней можно, вызывая функции `nextval`, `currval` и `setval`. Эти функции документированы в Разделе 9.17.

Хотя непосредственно изменить значение последовательности нельзя, получить её параметры и текущее состояние можно таким запросом:

```
SELECT * FROM name;
```

В частности, поле `last_value` последовательности будет содержать последнее значение, выделенное для какого-либо сеанса. (Конечно, ко времени вывода это значение может стать неактуальным, если другие сеансы активно вызывают `nextval`.)

Параметры

`TEMPORARY` или `TEMP`

Если указано, объект последовательности создаётся только для данного сеанса и автоматически удаляется при завершении сеанса. Существующая постоянная последовательность с тем же именем не будут видна (в этом сеансе), пока существует временная, однако к ней можно обратиться, дополнив имя указанием схемы.

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с последовательностью, которая могла бы быть создана — это может быть даже не последовательность.

имя

Имя создаваемой последовательности (возможно, дополненное схемой).

тип_данных

Необязательное предложение `AS тип_данных` задаёт тип данных для последовательности. Допустимые типы: `smallint`, `integer` и `bigint`. По умолчанию устанавливается тип `bigint`. От типа данных зависят принимаемые по умолчанию минимальное и максимальное значения последовательности.

шаг

Необязательное предложение `INCREMENT BY` *шаг* определяет, какое число будет добавляться к текущему значению последовательности для получения нового значения. С положительным шагом последовательность будет возрастающей, а с отрицательным — убывающей. Значение по умолчанию: 1.

мин_значение
`NO MINVALUE`

Необязательное предложение `MINVALUE` *мин_значение* определяет наименьшее число, которое будет генерировать последовательность. Если это предложение опущено либо указано `NO MINVALUE`, используется значение по умолчанию: 1 для возрастающей последовательности или минимальное значение типа данных — для убывающей.

макс_значение
`NO MAXVALUE`

Необязательное предложение `MAXVALUE` *макс_значение* определяет наибольшее число, которое будет генерировать последовательность. Если это предложение опущено либо указано `NO MAXVALUE`, используется значение по умолчанию: максимальное значение типа данных для возрастающей последовательности или -1 — для убывающей.

начало

Необязательное предложение `START WITH` *начало* позволяет запустить последовательность с любого значения. По умолчанию началом считается *мин_значение* для возрастающих последовательностей и *макс_значение* для убывающих.

кеш

Необязательное предложение `CACHE` *кеш* определяет, сколько чисел последовательности будет выделяться и сохраняться в памяти для ускорения доступа к ним. Минимальное значение равно 1 (за один раз генерируется только одно значение, т. е. кеширования нет), и оно же предполагается по умолчанию.

`CYCLE`
`NO CYCLE`

Параметр `CYCLE` позволяет зациклить последовательность при достижении *макс_значения* или *мин_значения* для возрастающей или убывающей последовательности, соответственно. Когда этот предел достигается, следующим числом этих последовательностей будет соответственно *мин_значение* или *макс_значение*.

Если указывается `NO CYCLE`, при каждом вызове `nextval` после достижения предельного значения будет возникать ошибка. Если указания `CYCLE` и `NO CYCLE` отсутствуют, по умолчанию предполагается `NO CYCLE`.

`OWNED BY` *имя_таблицы.имя_столбца*
`OWNED BY NONE`

Предложение `OWNED BY` позволяет связать последовательность с определённым столбцом таблицы так, чтобы при удалении этого столбца (или всей таблицы) последовательность удалялась автоматически. Указанная таблица должна иметь того же владельца и находиться в той же схеме, что и последовательность. Подразумеваемое по умолчанию предложение `OWNED BY NONE` указывает, что такая связь не устанавливается.

Примечания

Для удаления последовательности применяется команда `DROP SEQUENCE`.

Последовательности основаны на арифметике `bigint`, так что их значения не могут выходить за диапазон восьмибайтовых целых (-9223372036854775808 .. 9223372036854775807).

Так как вызовы `nextval` и `setval` никогда не откатываются, объекты последовательностей не подходят, если требуется обеспечить непрерывное назначение номеров последовательностей. Непрерывное назначение можно организовать, используя исключительную блокировку таблицы со счётчиком; однако это решение будет гораздо дороже, чем применение объектов последовательностей, особенно когда последовательные номера будут затребоваться сразу многими транзакциями.

Если значение параметра *кеш* больше единицы, и объект последовательности используется параллельно в нескольких сеансах, результат может оказаться не вполне ожидаемым. Каждый сеанс будет выделять и кешировать несколько очередных значений последовательности при одном обращении к объекту последовательности и соответственно увеличивать `последнее_значение` этого объекта. Затем при следующих *кеш*-1 вызовах `nextval` в этом сеансе будет просто возвращать заготовленные значения, не касаясь объекта последовательности. В результате, все числа, выделенные, но не использованные в сеансе, будут потеряны при завершении сеанса, что приведёт к образовании «дырок» в последовательности.

Более того, хотя разным сеансам гарантированно выделяются различные значения последовательности, если рассмотреть все сеансы в целом, порядок этих значений может быть нарушен. Например, при значении *кеш*, равном 10, сеанс A может зарезервировать значения 1..10 и получить `nextval`=1, затем сеанс B может зарезервировать значения 11..20 и получить `nextval`=11 до того, как в сеансе A сгенерируется `nextval`=2. Таким образом, при значении *кеш*, равном одному, можно быть уверенными в том, что `nextval` генерирует последовательные значения; но если *кеш* больше одного, рассчитывать можно только на то, что все значения `nextval` различны; их порядок может быть непоследовательным. Кроме того, `last_value` возвращает последнее зарезервированное значение для всех сеансов, вне зависимости от того, было ли оно уже возвращено функцией `nextval`.

Также следует учитывать, что действие функции `setval`, выполненной для такой последовательности, проявится в других сеансах только после того, как в них будут использованы все предварительно закешированные значения.

Примеры

Создание возрастающей последовательности с именем `serial`, с начальным значением 101:

```
CREATE SEQUENCE serial START 101;
```

Получение следующего номера этой последовательности:

```
SELECT nextval('serial');

 nextval
---------
     101
```

Получение следующего номера этой последовательности:

```
SELECT nextval('serial');

 nextval
---------
     102
```

Использование этой последовательности в команде `INSERT`:

```
INSERT INTO distributors VALUES (nextval('serial'), 'nothing');
```

Изменение значения последовательности после `COPY FROM`:

```
BEGIN;
COPY distributors FROM 'input_file';
```

```
SELECT setval('serial', max(id)) FROM distributors;
END;
```

Совместимость

Команда `CREATE SEQUENCE` соответствует стандарту SQL, со следующими исключениями:

- Для получения следующего значения применяется функция `nextval()`, а не выражение `NEXT VALUE FOR`, как того требует стандарт.
- Предложение `OWNED BY` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER SEQUENCE, DROP SEQUENCE

CREATE SERVER

CREATE SERVER — создать сторонний сервер

Синтаксис

```
CREATE SERVER [ IF NOT EXISTS ] имя_сервера [ TYPE 'тип_сервера' ] [ VERSION
 'server_version' ]
    FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE SERVER` создаёт сторонний сервер. Владельцем сервера становится создавший его пользователь.

Определение стороннего сервера обычно включает информацию о подключении, которую использует обёртка сторонних данных для доступа к внешнему ресурсу. Определяя сопоставления пользователей, можно установить и другие параметры подключения, связанные с пользователями.

Имя сервера должно быть уникальным в базе данных.

Для создания сервера требуется право `USAGE` для обёртки сторонних данных.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если сервер с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующий сервер как-то соотносится с тем, который мог бы быть создан.

`имя_сервера`

Имя создаваемого стороннего сервера.

`тип_сервера`

Необязательный тип сервера, может быть полезен для обёрток сторонних данных.

`server_version`

Необязательная версия сервера, может быть полезна для обёрток сторонних данных.

`имя_обёртки_сторонних_данных`

Имя обёртки сторонних данных, управляющей сервером.

`OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] )`

Это предложение определяет параметры сервера. Эти параметры обычно задают свойства подключения к серверу; их конкретные имена и значения зависят от обёртки сторонних данных.

Примечания

При использовании модуля dblink имя стороннего сервера может служить аргументом функции dblink_connect, определяющим параметры подключения. Для такого варианта использования необходимо иметь право `USAGE` для стороннего сервера.

Если сторонний сервер поддерживает вынос сортировки наружу, необходимо, чтобы он имел тот же порядок сортировки, что и локальный сервер.

Примеры

Создание сервера myserver, доступного через обёртку postgres_fdw:

```
CREATE SERVER myserver FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw OPTIONS (host 'foo', dbname
 'foodb', port '5432');
```

За подробностями обратитесь к postgres_fdw.

Совместимость

CREATE SERVER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED).

См. также

ALTER SERVER, DROP SERVER, CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE FOREIGN TABLE, CREATE USER MAPPING

CREATE STATISTICS

CREATE STATISTICS — создать расширенную статистику

Синтаксис

```
CREATE STATISTICS [ IF NOT EXISTS ] имя_статистики
    [ ( вид_статистики [, ... ] ) ]
    ON имя_столбца, имя_столбца [, ...]
    FROM имя_таблицы
```

Описание

Команда `CREATE STATISTICS` создаст новый объект расширенной статистики, отслеживающий данные определённой таблицы, сторонней таблицы или материализованного представления. Объект статистики будет создан в текущей базе данных, и его владельцем станет пользователь, выполняющий команду.

Если задано имя схемы (например, `CREATE STATISTICS myschema.mystat ...`), объект статистики создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Имя объекта статистики должно отличаться от имён других объектов статистики в этой схеме.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

: Не считать ошибкой, если объект статистики с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что при этом проверяется только имя объекта, а не характеристики его определения.

`имя_статистики`

: Имя создаваемого объекта статистики (возможно, дополненное схемой).

`вид_статистики`

: Вид статистики, которая будет вычисляться в этом объекте. В настоящее время поддерживаются следующие виды: `ndistinct` (подсчёт числа различных значений), `dependencies` (определение функциональных зависимостей) и `mcv` (списки самых частых значений). Если это предложение опущено, в объект статистики включаются все поддерживаемые виды статистики. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 14.2.2 и Разделу 71.2.

`имя_столбца`

: Имя столбца таблицы, который будет покрываться вычисляемой статистикой. Необходимо указать имена минимум двух столбцов; порядок этих имён не имеет значения.

`имя_таблицы`

: Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, содержащей столбцы, по которым создаётся статистика; об особенностях, связанных с наследованием и секционированием, рассказывается в описании ANALYZE.

Примечания

Чтобы создать объект статистики, читающий таблицу, необходимо быть владельцем этой таблицы. После создания объекта статистики его владелец может определяться независимо от нижележащей таблицы.

В настоящее время планировщик не использует расширенную статистику для оценок избирательности, выполненных для соединений таблиц. Это ограничение, скорее всего, будет снято в одной из следующих версий PostgreSQL.

Примеры

Создайте таблицу t1 с двумя функционально зависимыми столбцами; то есть знания значения одного столбца достаточно, чтобы определить значение другого. Затем для этих столбцов постройте статистику функциональной зависимости:

```
CREATE TABLE t1 (
    a   int,
    b   int
);

INSERT INTO t1 SELECT i/100, i/500
                 FROM generate_series(1,1000000) s(i);

ANALYZE t1;

-- число совпадающих строк будет катастрофически недооценено:
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t1 WHERE (a = 1) AND (b = 0);

CREATE STATISTICS s1 (dependencies) ON a, b FROM t1;

ANALYZE t1;

-- теперь оценка числа строк стала точнее:
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t1 WHERE (a = 1) AND (b = 0);
```

Без статистики функциональной зависимости планировщик предположил бы, что два условия WHERE независимы друг от друга, и перемножил бы их оценки избирательности, что дало бы слишком заниженную оценку числа строк. Однако с созданной статистикой планировщик понимает, что условия WHERE избыточны, и не ошибается с этой оценкой.

Создайте таблицу t2 с двумя идеально коррелирующими столбцами (содержащими одинаковые данные), а затем по этим столбцам постройте статистику MCV:

```
CREATE TABLE t2 (
    a   int,
    b   int
);

INSERT INTO t2 SELECT mod(i,100), mod(i,100)
                 FROM generate_series(1,1000000) s(i);

CREATE STATISTICS s2 (mcv) ON a, b FROM t2;

ANALYZE t2;

-- подходящая комбинация (входит в MCV)
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t2 WHERE (a = 1) AND (b = 1);

-- неподходящая комбинация (не входит в MCV)
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t2 WHERE (a = 1) AND (b = 2);
```

Список значений MCV даёт планировщику более точное представление о самых частых значениях в таблице, а также верхнюю границу избирательности для комбинаций, отсутствующих в ней, благодаря чему он может выработать более точные оценки в обоих случаях.

Совместимость

Команда CREATE STATISTICS отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER STATISTICS, DROP STATISTICS

CREATE SUBSCRIPTION

CREATE SUBSCRIPTION — создать подписку

Синтаксис

```
CREATE SUBSCRIPTION имя_подписки
    CONNECTION 'строка_подключения'
    PUBLICATION имя_публикации [, ...]
    [ WITH ( параметр_подписки [= значение] [, ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE SUBSCRIPTION` создаёт подписку для текущей базы данных. Имя подписки должно отличаться от имён других существующих подписок в текущей базе.

Подписка представляет собой реплицирующее подключение к публикующему серверу. Поэтому данная команда не только добавляет определения подписки в локальные каталоги, но также создаёт слот репликации на удалённом сервере.

В момент фиксации транзакции, в рамках которой выполняется эта команда, будет запущен рабочий процесс логической репликации.

Дополнительные сведения о подписках и логической репликации в целом можно найти в Разделе 30.2 и Главе 30.

Параметры

имя_подписки

Имя новой подписки.

`CONNECTION 'строка_подключения'`

Строка подключения к публикующему серверу. Подробности описаны в Подразделе 33.1.1.

`PUBLICATION имя_публикации`

Имена публикаций на публикующем сервере, на которые оформляется подписка.

`WITH ( параметр_подписки [= значение] [, ... ] )`

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры подписки:

`copy_data` (boolean)

Определяет, должны ли копироваться существующие данные в публикациях, на которые оформляется подписка, сразу после начала репликации. Значение по умолчанию — `true`.

`create_slot` (boolean)

Определяет, должна ли команда создавать слот репликации на публикующем сервере. Значение по умолчанию — `true`.

`enabled` (boolean)

Определяет, активировать ли репликацию в подписке, или её нужно только настроить, но не запускать сразу. Значение по умолчанию — `true`.

`slot_name` (string)

Имя слота репликации, которое должно использоваться. По умолчанию в качестве имени слота используется имя подписки.

Когда в качестве slot_name задаётся NONE, с подпиской не будет связан слот репликации. Это может быть полезно, если слот репликации позднее будет создаваться вручную. У таких подписок также должны быть равны false свойства enabled и create_slot.

synchronous_commit (enum)

Значение этого параметра переопределяет свойство synchronous_commit. По умолчанию — off.

Значение off безопасно для логической репликации: если подписчик потеряет транзакции из-за нарушения синхронизации, данные будут повторно переданы с публикующего сервера.

При выполнении синхронной логической репликации может быть уместно другое значение. Рабочие процессы логической репликации передают позиции записанных и сохранённых на диске данных публикующему серверу, так что при синхронной репликации он будет ждать завершения сохранения. Это значит, что значение off параметра synchronous_commit на подписчике может увеличить задержку при выполнении COMMIT на сервере публикации. При таком сценарии может быть выгоднее задать для synchronous_commit значение local или выше.

connect (boolean)

Определяет, нужно ли при выполнении CREATE SUBSCRIPTION подключаться к публикующему серверу. Если равняется false, значениями по умолчанию параметров enabled, create_slot и copy_data тоже будет false.

Значение false параметра connect несовместимо со значением true параметров enabled, create_slot и copy_data.

Так как со значением false соединение не устанавливается, подписка на таблицы не оформляется, так что после включения подписки ничего не будет реплицироваться. Чтобы таблицы вошли в подписку, потребуется позже выполнить ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION.

Замечания

Подробнее о том, как организовать управление доступом подписчиков к публикующему серверу, рассказывается в Разделе 30.7.

При создании слота репликации (поведение по умолчанию) CREATE SUBSCRIPTION нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Создание подписки с подключением к тому же кластеру баз данных (например, для организации репликации между базами данных в одном кластере или в одной базе данных) будет успешным, только если слот репликации не создаётся той же командой. В противном случае команда CREATE SUBSCRIPTION зависнет. Чтобы оформить такую подписку, слот репликации нужно создать отдельно (воспользовавшись функцией pg_create_logical_replication_slot и передав ей имя модуля pgoutput) и создать подписку с параметром create_slot = false. Это ограничение реализации, которое может быть устранено в будущем выпуске.

Примеры

Создание подписки на репликации mypublication и insert_only на удалённом сервере с немедленным запуском репликации при фиксировании транзакции:

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub
         CONNECTION 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo dbname=foodb'
        PUBLICATION mypublication, insert_only;
```

Создание подписки на публикацию insert_only на удалённом сервере с отключением репликации для запуска в будущем.

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub
         CONNECTION 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo dbname=foodb'
        PUBLICATION insert_only
               WITH (enabled = false);
```

Совместимость

CREATE SUBSCRIPTION является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER SUBSCRIPTION, DROP SUBSCRIPTION, CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

CREATE TABLE

CREATE TABLE — создать таблицу

Синтаксис

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
 EXISTS ] имя_таблицы ( [
  { имя_столбца тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца
 [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы
    | LIKE таблица_источник [ параметр_LIKE ... ] }
    [, ... ]
] )
[ INHERITS ( таблица_родитель [, ... ] ) ]
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ USING метод ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]

CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
 EXISTS ] имя_таблицы
    OF имя_типа [ (
  { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
    [, ... ]
) ]
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ USING метод ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]

CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
 EXISTS ] имя_таблицы
    PARTITION OF таблица_родитель [ (
  { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
    [, ... ]
) ] { FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
 [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [, ... ] ) ]
[ USING метод ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]

Здесь ограничение_столбца:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
  NULL |
  CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
```

```
  DEFAULT выражение_по_умолчанию |
  GENERATED ALWAYS AS ( генерирующее_выражение ) STORED |
  GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [ ( параметры_последовательности ) ] |
  UNIQUE параметры_индекса |
  PRIMARY KEY параметры_индекса |
  REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец ) ] [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL |
 MATCH SIMPLE ]
    [ ON DELETE ссылочное_действие ] [ ON UPDATE ссылочное_действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и ограничение_таблицы:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  UNIQUE ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  PRIMARY KEY ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  EXCLUDE [ USING индексный_метод ] ( элемент_исключения WITH оператор
 [, ... ] ) параметры_индекса [ WHERE ( предикат ) ] |
  FOREIGN KEY ( имя_столбца [, ... ] ) REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец
 [, ... ] ) ]
    [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL | MATCH SIMPLE ] [ ON DELETE ссылочное_действие ] [ ON
 UPDATE ссылочное_действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и параметр_LIKE:

{ INCLUDING | EXCLUDING } { COMMENTS | CONSTRAINTS | DEFAULTS | GENERATED | IDENTITY |
 INDEXES | STATISTICS | STORAGE | ALL }

и указание_границ_секции:

IN ( выражение_границ_секции [, ...] ) |
FROM ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] )
  TO ( { выражение_границ_секции | MINVALUE | MAXVALUE } [, ...] ) |
WITH ( MODULUS числовая_константа, REMAINDER числовая_константа )

параметры_индекса в ограничениях UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE:

[ INCLUDE ( имя_столбца [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
[ USING INDEX TABLESPACE табл_пространство ]

элемент_исключения в ограничении EXCLUDE:

{ имя_столбца | ( выражение ) } [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов
 [ ( параметр_класса_оп = значение [, ... ] ) ] ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST |
 LAST } ]
```

Описание

`CREATE TABLE` создаёт новую, изначально пустую таблицу в текущей базе данных. Владельцем таблицы будет пользователь, выполнивший эту команду.

Если задано имя схемы (например, `CREATE TABLE myschema.mytable ...`), таблица создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Временные таблицы существуют в специальной схеме, так что при создании таких таблиц имя схемы задать нельзя. Имя таблицы должно отличаться от имён других таблиц, последовательностей, индексов, представлений или сторонних таблиц в этой схеме.

CREATE TABLE также автоматически создаёт составной тип данных, соответствующий одной строке таблицы. Таким образом, имя таблицы не может совпадать с именем существующего типа в этой же схеме.

Необязательные предложения ограничений задают ограничения (проверки), которым должны удовлетворять добавляемые или изменяемые строки, чтобы операция добавления или изменения была выполнена успешно. Ограничение представляет собой SQL-объект, помогающий некоторым способом определить множество допустимых значений в таблице.

Определить ограничения можно двумя способами: в виде ограничений таблицы и в виде ограничений столбца. Ограничение столбца определяется как часть определения столбца, а ограничение таблицы не привязывается к конкретному столбцу и может задействовать несколько столбцов. Любые ограничения столбцов можно также записать в виде ограничения таблицы, они введены просто для удобства записи в случаях, когда ограничение затрагивает только один столбец.

Чтобы создать таблицу, необходимо иметь право USAGE для типов всех столбцов или типа в предложении OF, соответственно.

Параметры

TEMPORARY или TEMP

С таким указанием таблица создаётся как временная. Временные таблицы автоматически удаляются в конце сеанса или могут удаляться в конце текущей транзакции (см. описание ON COMMIT ниже). Существующая постоянная таблица с тем же именем не будет видна в текущем сеансе, пока существует временная, однако к ней можно обратиться, дополнив имя указанием схемы. Все индексы, создаваемые для временной таблицы, так же автоматически становятся временными.

Демон автоочистки не может прочитать и, как следствие, сжимать и анализировать временные таблицы. По этой причине соответствующие операции очистки и анализа следует выполнять, вызывая SQL-команды в рамках сеанса. Например, если временную таблицу планируется использовать в сложных запросах, будет разумным выполнить для неё ANALYZE после того, как она будет наполнена.

По желанию можно добавить указание GLOBAL или LOCAL перед TEMPORARY или TEMP. В настоящее время это не имеет значения для PostgreSQL и считается устаревшей возможностью; см. раздел Совместимость ниже.

UNLOGGED

С этим указанием таблица создаётся как нежурналируемая. Данные, записываемые в нежурналируемые таблицы, не проходят через журнал предзаписи (см. Главу 29), в результате чего такие таблицы работают гораздо быстрее обычных. Однако они не защищены от сбоя; при сбое или аварийном отключении сервера нежурналируемая таблица автоматически усекается. Кроме того, содержимое нежурналируемой таблицы не реплицируется на ведомые серверы. Любые индексы, создаваемые для нежурналируемой таблицы, автоматически становятся нежурналируемыми.

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

OF *имя_типа*

Создаёт *типизированную таблицу*, структура которой определяется указанным составным типом (его имя может быть дополнено схемой). Типизированная таблица привязана к породившему её типу; например, при удалении типа (командой `DROP TYPE ... CASCADE`) будет удалена и эта таблица.

Когда создаётся типизированная таблица, типы данных её столбцов определяются нижележащим составным типом, а не задаются командой `CREATE TABLE`. Но `CREATE TABLE` может добавить в таблицу значения по умолчанию и ограничения, а также задать параметры её хранения.

имя_столбца

Имя столбца, создаваемого в новой таблице.

тип_данных

Тип данных столбца (может включать определение массива с этим типом). За дополнительными сведениями о типах данных, которые поддерживает PostgreSQL, обратитесь к Главе 8.

`COLLATE` *правило_сортировки*

Предложение `COLLATE` назначает правило сортировки для столбца (который должен иметь тип, поддерживающий сортировку). Если оно отсутствует, используется правило сортировки по умолчанию, установленное для типа данных столбца.

`INHERITS (` *таблица_родитель* `[, ... ] )`

Необязательное предложение `INHERITS` определяет список таблиц, от которых новая таблица будет автоматически наследовать все столбцы. Родительские таблицы могут быть обычными или сторонними таблицами.

При использовании `INHERITS` создаётся постоянная связь дочерней таблицы с родительскими. Изменения схемы в родительских таблицах обычно также отражаются в дочерних, и по умолчанию при чтении родительских таблиц в результат включаются данные дочерней таблицы.

Когда в нескольких родительских таблицах оказываются столбцы с одним именем, происходит ошибка, за исключением случая, когда типы данных всех этих столбцов в таблицах совпадают. В этом случае одноимённые столбцы объединяются и формируют один столбец в новой таблице. Если имя столбца новой таблицы совпадает с именем одного из унаследованных столбцов, их типы так же должны совпадать, и в этом случае определения столбцов тоже сливаются в одну. Если в новой таблице явно указывается значение по умолчанию для нового столбца, это значение переопределяет любые значения по умолчанию, унаследованные этим столбцом. В противном случае, если значения по умолчанию определяются в разных родительских таблицах, эти определения должны совпадать, иначе произойдёт ошибка.

Ограничения `CHECK` объединяются вместе по сути так же, как и столбцы: если несколько родительских таблиц и/или определение новой таблицы содержат одноимённые ограничения `CHECK`, этим ограничениям должны соответствовать одинаковые выражения проверки, в противном случае произойдёт ошибка. В случае совпадения выражения, эти ограничения с данным выражением объединяются в одно. При этом ограничения со свойством `NO INHERIT` в родительской таблице исключаются из рассмотрения. Заметьте, что безымянное ограничение `CHECK` в новой таблице никогда не сливается с другими, так как для него всегда выбирается уникальное имя.

Параметры `STORAGE` для столбца так же копируются из родительских таблиц.

Если столбец в родительской таблице является столбцом идентификации, это свойство не наследуется. Если требуется, в дочерней таблице этот столбец можно объявить столбцом идентификации.

`PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( {` *имя_столбца* `| (` *выражение* `) } [` *класс_операторов* `] [, ...] )`

Необязательное предложение `PARTITION BY` задаёт стратегию секционирования таблицы. Таблица, созданная с этим указанием, называется *секционируемой* таблицей. Задаваемый в скобках список столбцов или выражений формирует *ключ секционирования* таблицы. Для секционирования по диапазонам или по хешу ключ секционирования может включать несколько столбцов или выражений (до 32, но этот предел можно изменить при сборке PostgreSQL), но для секционирования по спискам ключ должен состоять из одного столбца или выражения.

Для секционирования по диапазонам и по спискам нужен класс операторов B-дерева, тогда как для секционирования по хешу требуется класс операторов хеширования. Если класс операторов не задан явно, будет применён класс операторов по умолчанию для соответствующего типа; в случае отсутствия такого класса выдаётся ошибка. Для секционирования по хешу применяемый класс операторов должен реализовывать опорную функцию 2 (см. Подраздел 37.16.3).

Секционируемая таблица разделяется на подтаблицы (называемые секциями), которые создаются отдельными командами `CREATE TABLE`. Сама по себе секционируемая таблица не содержит данных. Строка данных, вставляемая в эту таблицу, перенаправляется в секцию в зависимости от значений столбцов или выражений в ключе секционирования. Если значениям в новой строке не соответствует ни одна из существующих секций, возникает ошибка.

Секционируемые таблицы не поддерживают ограничения `EXCLUDE`; однако вы можете определить такие ограничения в отдельных секциях.

Узнать больше о секционировании таблиц можно в Разделе 5.11.

`PARTITION OF` *`таблица_родитель`* `{ FOR VALUES` *`указание_границ_секции`* `| DEFAULT }`

Создаёт таблицу в виде *секции* указанной родительской таблицы. Таблицу можно создать либо как секцию для определённых значений (используя `FOR VALUES`), либо как секцию по умолчанию (используя `DEFAULT`). Это указание неприемлемо для таблиц, секционируемых по хешу. В создаваемую секцию копируются все индексы, ограничения и пользовательские триггеры уровня строк.

Здесь *`указание_границ_секции`* должно соответствовать методу и ключу секционирования родительской таблицы и не должно конфликтовать с любой существующей секцией того же родителя. Вариант указания с `IN` используется для секционирования по спискам, тогда как вариант с `FROM` и `TO` для секционирования по диапазонам, а с `WITH` — для секционирования по хешу.

`выражение_границ_секции` — любое выражение без переменных (подзапросы, оконные, агрегатные и возвращающие множества функции в нём не допускаются). Его тип данных должен подходить для соответствующего столбца в ключе секционирования. Это выражение вычисляется единожды во время создания таблицы, поэтому в нём могут вызываться даже изменчивые функции, например `CURRENT_TIMESTAMP`.

При создании секции с секционированием по спискам возможно указать, что столбец ключа секционирования может содержать NULL, включив в список секции `NULL`. Однако у отдельно взятой родительской таблицы может быть не больше одной такой секции. Для диапазонных секций `NULL` задать нельзя.

При создании диапазонной секции нижняя граница, задаваемая во `FROM`, включается в диапазон, а верхняя граница, задаваемая в `TO` — исключается. То есть, значения, задаваемые в списке `FROM`, являются допустимыми значениями соответствующих столбцов ключа секционирования для этой секции, а значения в списке `TO` — нет. Заметьте, что это утверждение должно восприниматься с учётом правил сравнения строк таблицы (см. Подраздел 9.24.5). Например, с секционированием `PARTITION BY RANGE (x,y)`, секция с границами `FROM (1, 2) TO (3, 4)` примет `x=1` с любым значением `y>=2`, `x=2` с любым `y`, отличным от NULL, и `x=3` с любым `y<4`.

Специальные значения `MINVALUE` и `MAXVALUE` могут использоваться при создании диапазонной секции для указания, что нижняя или верхняя граница для значений столбца отсутствует. Например, секция, определённая с указанием `FROM (MINVALUE) TO (10)`, будет принимать любые значения меньше 10, а секция, определённая с указанием `FROM (10) TO (MAXVALUE)`, — любые значения, которые больше или равны 10.

При создании диапазонной секции с более чем одним столбцом может также иметь смысл использовать `MAXVALUE` в определении нижней границы, а `MINVALUE` — верхней. Например, секция, определённая с указанием `FROM (0, MAXVALUE) TO (10, MAXVALUE)`, будет принимать любые строки, в которых первый столбец ключа секционирования больше 0 и меньше или равен 10. Подобным образом, секция, определённая с указанием `FROM ('a', MINVALUE) TO ('b', MINVALUE)`, будет принимать строки, в которых первый столбец ключа секционирования начинается с «a».

Заметьте, что если для одного столбца в границе секции задаётся `MINVALUE` или `MAXVALUE`, то же значение должно применяться и для всех последующих столбцов. Например, граница `(10, MINVALUE, 0)` будет некорректной; допустимая граница: `(10, MINVALUE, MINVALUE)`.

Также заметьте, что для некоторых типов элементов, таких как `timestamp`, наряду с другими значениями допускается значение "infinity" (бесконечность). Оно отличается от вариантов `MINVALUE` и `MAXVALUE`, которые на самом деле не обозначают значения, которые можно сохранить, а просто говорят о том, это значение не ограничено. `MAXVALUE` можно воспринимать как значение, которое больше любого другого, включая "бесконечность", а `MINVALUE` меньше любого другого значения, включая "минус бесконечность". Таким образом, диапазон `FROM ('infinity') TO (MAXVALUE)` не будет пустым, а будет принимать ровно одно значение — «infinity».

С указанием `DEFAULT` таблица присоединяется к родительской таблице как секция по умолчанию. Для таблиц, секционируемых по хешу, это указание не поддерживается. Ключ секционирования, не попадающий ни в одну из секций данного родителя, будет отправлен в секцию по умолчанию.

Когда у таблицы есть секция по умолчанию (`DEFAULT`) и к ней добавляется новая секция, требуется просканировать секцию по умолчанию и убедиться в том, что она не содержит строки, которые должны относиться к новой секции. Если она содержит большое количество строк, это сканирование может быть длительным. Сканирование не будет выполняться, если секция по умолчанию является сторонней таблицей или в ней есть ограничение, гарантирующее отсутствие в этой секции строк, подлежащих перемещению в новую секцию.

При создании секции с секционированием по хешу должен задаваться модуль и остаток. Модулем должно быть положительное число, а остатком неотрицательное число, меньшее модуля. Обычно при начальной настройке таблицы с секционированием по хешу нужно выбрать модуль, равный количеству секций, и назначить каждой секции этот модуль и разные остатки (см. примеры ниже). Однако секциям можно назначить и разные модули, с условием, что модули, назначенные секциям таблицы, секционируемой по хешу, являются делителями следующих больших модулей. Это позволяет постепенно увеличивать число секций, не производя полное перемещение всех данных. Например, предположим, что у вас есть таблица, секционируемая по хешу на 8 секций, для каждой из которых назначен модуль 8, и возникла необходимость увеличить число секций до 16. Вы можете отсоединить одну из секций по модулю 8, создать две новые секции по модулю 16, покрывающих ту же часть пространства ключа (одну с остатком, равным остатку отсоединённой секции, а вторую с остатком, равным тому же остатку плюс 8), и вновь наполнить их данными. Вы можете повторять эту операцию (возможно, позже) для остальных секций по модулю 8, пока все они не будут заменены. Хотя и при таком подходе может потребоваться перемещать большие объёмы данных на каждом этапе, это всё же лучше, чем создавать абсолютно новую таблицу и перемещать все данные сразу.

В секции должны содержаться столбцы с теми же именами и типами, что и в секционированной таблице, к которой она относится. Изменение имён и типов столбцов в секционируемой таблице будет автоматически распространяться во все секции. Ограничения `CHECK` будут наследоваться автоматически всеми секциями, но для отдельных секций могут быть заданы дополнительные ограничения `CHECK`; дополнительные ограничения с теми же именами и условиями, как в родительской таблице, будут объединены с родительским ограничением. Также независимо для каждой секции могут быть заданы значения по умолчанию. Но заметьте, что значение по умолчанию, заданное на уровне секции, не будет действовать при добавлении строк через секционированную таблицу.

Строки, добавляемые в секционированную таблицу, будут автоматически перенаправляться в соответствующую секцию. Если подходящей секции не найдётся, произойдёт ошибка.

Такие операции, как TRUNCATE, обычно затрагивают и саму таблицу, и каскадно распространяются на все дочерние секции, но могут также выполняться в отдельных секциях. Заметьте, что для удаления секции с помощью `DROP TABLE` требуется установить блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` в родительской таблице.

`LIKE` *`таблица_источник`* `[` *`параметр_LIKE`* `... ]`

Предложение `LIKE` определяет таблицу, из которой в новую таблицу будут автоматически скопированы все имена столбцов, их типы данных и их ограничения на NULL.

В отличие от `INHERITS`, новая и исходная таблица становятся полностью независимыми после завершения создания. Изменения в исходной таблице не отражаются в новой, а данные новой таблицы не включаются в результат чтения исходной.

Кроме того, в отличие от `INHERITS`, столбцы и ограничения, копируемые командой `LIKE`, не объединяются с одноимёнными столбцами и ограничениями. Если дублирующееся имя указывается явно или возникает в другом предложении `LIKE`, происходит ошибка.

Необязательные предложения *`вариант_копирования`* указывают, какие дополнительные свойства исходной таблицы будут копироваться. Указание `INCLUDING` копирует заданное свойство, а `EXCLUDING` исключает его. По умолчанию подразумевается `EXCLUDING`. Если к одному типу объекта относятся несколько указаний, будет применяться последнее. Допустимые указания:

`INCLUDING COMMENTS`

Копировать комментарии для скопированных столбцов, ограничений и индексов. По умолчанию комментарии не копируются, вследствие чего скопированные столбцы и ограничения в новой таблице оказываются без комментариев.

`INCLUDING CONSTRAINTS`

Копировать ограничения-проверки (`CHECK`). В данном контексте ограничения на уровне столбцов и на уровне таблицы не различаются. Ограничения NOT NULL копируются в новую таблицу всегда.

`INCLUDING DEFAULTS`

Копировать выражения значений по умолчанию в определениях копируемых столбцов. Без этого указания выражения по умолчанию не копируются, вследствие чего в новой таблице скопированные столбцы получают значения по умолчанию NULL. Заметьте, что при копировании подобных выражений, в которых вызываются функции, модифицирующие БД, как например `nextval`, может образовываться функциональная связь исходной таблицы с новой.

`INCLUDING GENERATED`

Копировать выражения, генерирующие значения для копируемых столбцов. По умолчанию все новые столбцы будут обычными базовыми столбцами.

`INCLUDING IDENTITY`

Копировать характеристики идентификации в определениях копируемых столбцов. Для каждого столбца идентификации в новой таблице создаётся новая последовательность, не зависящая от последовательностей, связанных со старой таблицей.

`INCLUDING INDEXES`

Создавать в новой таблице индексы, ограничения `PRIMARY KEY`, `UNIQUE` и `EXCLUDE`, существующие в исходной таблице. Имена для новых индексов и ограничений выбираются согласно стандартным правилам, независимо от того, как назывались исходные. (Это позволяет избежать потенциальных конфликтов с именами новых индексов.)

`INCLUDING STATISTICS`

Копировать в новую таблицу расширенную статистику.

INCLUDING STORAGE

Копировать параметры STORAGE в определениях копируемых столбцов. По умолчанию параметры STORAGE исключаются, вследствие чего скопированные столбцы в новой таблице получают параметры по умолчанию, определённые соответствующим типом. Подробнее параметры STORAGE описаны в Разделе 69.2.

INCLUDING ALL

Указание INCLUDING ALL является сокращённым вариантом выбора всех имеющихся отдельных параметров. (После INCLUDING ALL можно дополнительно добавить предложения EXCLUDING, чтобы выбрать все параметры, за исключением некоторых.)

Предложение LIKE может также применяться для копирования определений столбцов из представлений, сторонних таблиц и составных типов. Неприменимые параметры (например, INCLUDING INDEXES для представления) при этом игнорируются.

CONSTRAINT *имя_ограничения*

Необязательное имя столбца или ограничения таблицы. При нарушении ограничения его имя будет выводиться в сообщении об ошибках, так что имена ограничений вида столбец должен быть положительным могут сообщить полезную информацию об ограничении клиентскому приложению. (Имена ограничений, включающие пробелы, необходимо заключать в двойные кавычки.) Если имя ограничения не указано, система генерирует имя автоматически.

NOT NULL

Данный столбец не принимает значения NULL.

NULL

Данный столбец может содержать значения NULL (по умолчанию).

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

CHECK (*выражение*) [NO INHERIT]

В ограничении CHECK задаётся выражение, возвращающее логический результат, по которому определяется, будет ли успешна операция добавления или изменения для конкретных строк. Операция выполняется успешно, если результат выражения равен TRUE или UNKNOWN. Если же для какой-нибудь строки, задействованной в операции добавления или изменения, будет получен результат FALSE, возникает ошибка, и эта операция не меняет ничего в базе данных. Ограничение-проверка, заданное как ограничение столбца, должно ссылаться только на значение самого столбца, тогда как ограничение на уровне таблицы может ссылаться и на несколько столбцов.

В настоящее время выражения CHECK не могут содержать подзапросы или ссылаться на какие-либо переменные, кроме как на столбцы текущей строки (см. Подраздел 5.4.1). Также допустима ссылка на системный столбец tableoid, но не на другие системные столбцы.

Ограничение с пометкой NO INHERIT не будет наследоваться дочерними таблицами.

Когда для таблицы задано несколько ограничений CHECK, они будут проверяться для каждой строки в алфавитном порядке имён после проверки ограничений NOT NULL. (До версии 9.5 в PostgreSQL не было установлено никакого определённого порядка обработки ограничений CHECK.)

DEFAULT *выражение_по_умолчанию*

Предложение DEFAULT задаёт значение по умолчанию для столбца, в определении которого оно присутствует. Значение задаётся выражением без переменных (в частности, перекрёстные ссылки на другие столбцы текущей таблицы в нём не допускаются). Также не допускаются подзапросы. Тип данных выражения, задающего значение по умолчанию, должен соответствовать типу данных столбца.

Это выражение будет использоваться во всех операциях добавления данных, в которых не задаётся значение данного столбца. Если значение по умолчанию не определено, таким значением будет NULL.

`GENERATED ALWAYS AS ( генерирующее_выражение ) STORED`

Это предложение создаёт столбец как *генерируемый*. В такой столбец нельзя записать данные, а при чтении его возвращается результат указанного выражения.

Ключевое слово `STORED` отмечает, что этот столбец будет вычисляться при записи и сохраняться на диске.

Генерирующее выражение может обращаться к другим столбцам таблицы, но не к другим генерируемым столбцам. Все функции и операторы в нём должны быть постоянными. Обращаться к другим таблицам в таких выражениях нельзя.

`GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [ ( параметры_последовательности ) ]`

С этим предложением столбец создаётся как *столбец идентификации*. С ним будет связана неявная последовательность, из которой этот столбец будет автоматически получать значения в новых строках. Такому столбцу неявно назначается свойство `NOT NULL`.

Предложения `ALWAYS` и `BY DEFAULT` определяют, как явно заданные пользователем значения будут обрабатываться командами `INSERT` и `UPDATE`.

В команде `INSERT`, в случае выбора `ALWAYS`, пользовательское значение используется, только если в этой команде указано `OVERRIDING SYSTEM VALUE`. С предложением `BY DEFAULT` пользовательскому значению отдаётся предпочтение. За подробностями обратитесь к описанию INSERT. (В команде `COPY` пользовательские значения используются всегда, вне зависимости от выбранного здесь варианта.)

В команде `UPDATE`, в случае выбора `ALWAYS`, попытка поместить в столбец любое значение, отличное от `DEFAULT`, будет отвергнута. Если выбран вариант `BY DEFAULT`, столбец может быть изменён обычным образом. (Предложение `OVERRIDING` для команды `UPDATE` отсутствует.)

Используя необязательное предложение *параметры_последовательности*, можно переопределить свойства последовательности. За подробностями обратитесь к CREATE SEQUENCE.

`UNIQUE` (ограничение столбца)
`UNIQUE ( имя_столбца [, ... ] ) [INCLUDE ( имя_столбца [, ...])]` (ограничение таблицы)

Ограничение `UNIQUE` определяет, что группа из одного или нескольких столбцов таблицы может содержать только уникальные значения. Ограничение уникальности для таблицы ведёт себя точно так же, как ограничение для столбца, но может охватывать несколько столбцов. Таким образом, ограничение уникальности гарантирует, что любые две строки таблицы различаются как минимум в этих столбцах.

При проверке ограничения уникальности значения NULL не считаются равными.

В каждом ограничении уникальности должен задаваться набор столбцов, отличный от набора любого другого ограничения уникальности или первичного ключа в данной таблице. (Избыточные ограничения уникальности будут просто игнорироваться.)

При установлении ограничения уникальности в многоуровневой иерархии секционирования в определение ограничения должны включаться все столбцы ключа секционирования целевой секционированной таблицы, а также столбцы всех подчинённых секционированных таблиц.

При добавлении ограничения уникальности автоматически будет создан уникальный индекс-B-дерево по столбцу или группе столбцов, перечисленных в ограничении.

Необязательное предложение `INCLUDE` добавляет к этому индексу один или несколько столбцов, составляющих просто «дополнительную нагрузку»: для них уникальность не будет требоваться, и искать значения в них по данному индексу нельзя. Однако их содержимое может быть получено при сканировании только индекса. Заметьте, что хотя ограничение по неключевым столбцам не контролируется, оно всё же зависит от них. Как следствие, некоторые операции с этими столбцами (например, `DROP COLUMN`) могут повлечь каскадное удаление индекса и ограничения.

`PRIMARY KEY` (ограничение столбца)
`PRIMARY KEY (` *`имя_столбца`* `[, ... ] )` [`INCLUDE (` *`имя_столбца`* `[, ...])`] (ограничение таблицы)

Ограничение `PRIMARY KEY` определяет, что столбец или столбцы таблицы могут содержать только уникальные (без повторений) значения, отличные от NULL. Для таблицы может быть задан только один первичный ключ, будь то ограничение столбца или ограничение таблицы.

В определении первичного ключа должен задаваться набор столбцов, отличный от набора любого другого ограничения уникальности, установленного для данной таблицы. (В противном случае уникальное ограничение оказывается избыточным и будет отброшено.)

`PRIMARY KEY` устанавливает для данных те же ограничения, что и сочетание `UNIQUE` и `NOT NULL`, но созданный по набору столбцов первичный ключ также даёт метаинформацию о конструкции схемы, так как он подразумевает, что другие таблицы могут ссылаться на этот набор столбцов как на уникальный идентификатор строк.

Определяемые для секционированной таблицы ограничения `PRIMARY KEY` подчиняются тем же требованиям, что и ограничения `UNIQUE`.

При добавлении ограничения `PRIMARY KEY` автоматически будет создан уникальный индекс-B-дерево по столбцу или группе столбцов, перечисленных в ограничении.

Необязательное предложение `INCLUDE` добавляет к этому индексу один или несколько столбцов, составляющих просто «дополнительную нагрузку»: для них уникальность не будет требоваться, и искать значения в них по данному индексу нельзя. Однако их содержимое может быть получено при сканировании только индекса. Заметьте, что хотя ограничение по неключевым столбцам не контролируется, оно всё же зависит от них. Как следствие, некоторые операции с этими столбцами (например, `DROP COLUMN`) могут повлечь каскадное удаление индекса и ограничения.

`EXCLUDE [ USING` *`индексный_метод`* `] (` *`элемент_исключения`* `WITH` *`оператор`* `[, ... ] )` *`параметры_индекса`* `[ WHERE (` *`предикат`* `) ]`

Предложение `EXCLUDE` определяет ограничение-исключение, которое гарантирует, что для любых двух строк, сравниваемых по указанным столбцам или выражениям с указанными операторами, результат не будет равен `TRUE` для всех сравнений. Если все указанные операторы проверяют равенство, это ограничение равносильно ограничению `UNIQUE`, хотя обычное ограничение уникальности будет работать быстрее. С другой стороны, в ограничениях-исключениях можно задавать более общие условия, чем простое условие на равенство. Например, можно задать ограничение, требующее, чтобы никакие две строки в таблице не содержали пересекающихся кругов (см. Раздел 8.8), применив оператор `&&`. Кроме того, операторы должны быть коммутативными.

Ограничения-исключения реализуются с помощью индексов, так что каждый указанный в них оператор должен быть связан с соответствующим классом операторов (см. Раздел 11.10) для *`индексного_метода`*. В каждом *`элементе_исключения`* можно дополнительно указать класс оператора и/или параметры сортировки, подробно описанные в CREATE INDEX.

Индексный метод доступа должен поддерживать `amgettuple` (см. Главу 61); в настоящее время это означает, что индексы GIN для этого не подходят. Хотя в ограничении-исключении можно использовать B-деревья и хеш-индексы, в этом мало смысла, так как такой подход ничем не лучше обычного ограничения уникальности. Так что на практике методом доступа всегда будет GiST или SP-GiST.

Параметр *предикат* позволяет указать ограничение-исключение для подмножества таблицы; внутри при этом создаётся частичный индекс. Заметьте, что предикат необходимо заключить в скобки.

`REFERENCES` *внешняя_таблица* `[ (` *внешний_столбец* `) ] [ MATCH` *тип_совпадения* `] [ ON DELETE` *ссылочное_действие* `] [ ON UPDATE` *ссылочное_действие* `]` (ограничение столбца)
`FOREIGN KEY (` *имя_столбца* `[, ... ] ) REFERENCES` *внешняя_таблица* `[ (` *внешний_столбец* `[, ... ] ) ] [ MATCH` *тип_совпадения* `] [ ON DELETE` *ссылочное_действие* `] [ ON UPDATE` *ссылочное_действие* `]` (ограничение таблицы)

Эти предложения определяют ограничение внешнего ключа, требующее, чтобы группа из одного или нескольких столбцов новой таблицы содержала только такие значения, которым соответствуют значения в заданных столбцах некоторой строки во внешней таблице. Если список *целевых_столбцов* опущен, в качестве него используется первичный ключ *целевой_таблицы*. Если же он задан, в качестве целевых столбцов должны указываться столбцы неоткладываемого уникального ограничения или первичного ключа во внешней таблице, либо столбцы нечастичного уникального индекса. При этом пользователь должен иметь право `REFERENCES` во внешней таблице (либо для всей таблицы, либо только для целевых столбцов). Для добавления ограничения внешнего ключа требуется блокировка `SHARE ROW EXCLUSIVE` в целевой таблице. Обратите внимание, что нельзя определить ограничения внешнего ключа, связывающие временные и постоянные таблицы.

Значения, вставляемые в ссылающиеся столбцы, сверяются со значениями во внешних столбцах внешней таблицы с учётом заданного типа совпадения. Возможны три типа совпадения: `MATCH FULL` (полное совпадение), `MATCH PARTIAL` (частичное совпадение) и тип по умолчанию, `MATCH SIMPLE` (простое совпадение). С `MATCH FULL` ни один из столбцов составного внешнего ключа не может содержать NULL, кроме случая, когда все внешние столбцы NULL; в этом случае строка может не иметь соответствия во внешней таблице. С `MATCH SIMPLE` любой из столбцов внешнего ключа может содержать NULL; при этом строка с NULL в одном из таких столбцов может не иметь соответствия во внешней таблице. Тип `MATCH PARTIAL` ещё не реализован. (Разумеется, чтобы вопросы со сравнением NULL не возникали, к столбцам, ссылающимся на внешние, можно применить ограничения `NOT NULL`.)

Кроме того, при изменении значений во внешних столбцах с данными в столбцах этой таблицы могут производиться определённые действия. Предложение `ON DELETE` задаёт действие, производимое при удалении некоторой строки во внешней таблице. Предложение `ON UPDATE` подобным образом задаёт действие, производимое при изменении значения в целевых столбцах внешней таблицы. Если строка изменена, но это изменение не затронуло целевые столбцы, никакое действие не производится. Ссылочные действия, кроме `NO ACTION`, нельзя сделать откладываемыми, даже если ограничение объявлено как откладываемое. Для каждого предложения возможные следующие варианты действий:

`NO ACTION`

Выдать ошибку, показывающую, что при удалении или изменении записи произойдёт нарушение ограничения внешнего ключа. Для отложенных ограничений ошибка произойдёт в момент проверки ограничения, если строки, ссылающиеся на эту запись, по-прежнему будут существовать. Этот вариант действия подразумевается по умолчанию.

`RESTRICT`

Выдать ошибку, показывающую, что при удалении или изменении записи произойдёт нарушение ограничения внешнего ключа. Этот вариант подобен `NO ACTION`, но эта проверка будет неоткладываемой.

`CASCADE`

Удалить все строки, ссылающиеся на удаляемую запись, либо поменять значения в ссылающихся столбцах на новые значения во внешних столбцах, в соответствии с операцией.

`SET NULL`

Установить ссылающиеся столбцы равными NULL.

`SET DEFAULT`

Установить в ссылающихся столбцах значения по умолчанию. (Если эти значения не равны NULL, во внешней таблице должна быть строка, соответствующая набору значений по умолчанию; в противном случае операция завершится ошибкой.)

Если внешние столбцы меняются часто, будет разумным добавить индекс для ссылающихся столбцов, чтобы действия по обеспечению ссылочной целостности, связанные с ограничением внешнего ключа, выполнялись более эффективно.

`DEFERRABLE`
`NOT DEFERRABLE`

Это предложение определяет, может ли ограничение быть отложенным. Неоткладываемое ограничение будет проверяться немедленно после каждой команды. Проверка откладываемых ограничений может быть отложена до завершения транзакции (обычно с помощью команды SET CONSTRAINTS). По умолчанию подразумевается вариант `NOT DEFERRABLE`. В настоящее время это предложение принимают только ограничения `UNIQUE`, `PRIMARY KEY`, `EXCLUDE` и `REFERENCES` (внешний ключ). Ограничения `NOT NULL` и `CHECK` не могут быть отложенными. Заметьте, что откладываемые ограничения не могут применяться в качестве решающих при конфликте в операторе `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`.

`INITIALLY IMMEDIATE`
`INITIALLY DEFERRED`

Для откладываемых ограничений это предложение определяет, когда ограничение должно проверяться по умолчанию. Ограничение с характеристикой `INITIALLY IMMEDIATE` (подразумеваемой по умолчанию) проверяется после каждого оператора. Ограничение `INITIALLY DEFERRED`, напротив, проверяется только в конце транзакции. Время проверки ограничения можно изменить явно с помощью команды SET CONSTRAINTS.

`USING` *метод*

Это дополнительное предложение задаёт табличный метод доступа, который будет использоваться для сохранения содержимого новой таблицы; типом этого метода доступа должен быть `TABLE`. Подробнее об этом рассказывается в Главе 60. В случае отсутствия этого указания для новой таблицы выбирается метод доступа по умолчанию. За подробностями обратитесь к default_table_access_method.

`WITH (` *параметр_хранения* `[=` *значение*`] [, ... ] )`

Это предложение определяет дополнительные параметры хранения для таблицы или индекса; за подробностями обратитесь к разделу Параметры хранения ниже. В целях обратной совместимости предложение `WITH` для таблицы также может содержать указание `OIDS=FALSE`, отмечающее, что строки новой таблицы не должны содержать OID (идентификатор объекта); указание `OIDS=TRUE` более не поддерживается

`WITHOUT OIDS`

Обеспечивающий обратную совместимость синтаксис создания таблицы с характеристикой `WITHOUT OIDS`; создание таблицы с указанием `WITH OIDS` более не поддерживается.

`ON COMMIT`

Поведением временных таблиц в конце блока транзакции позволяет управлять предложение `ON COMMIT`, которое принимает три параметра:

`PRESERVE ROWS`

Никакое специальное действие в конце транзакции не выполняется. Это поведение по умолчанию.

`DELETE ROWS`

Все строки в этой временной таблице будут удаляться в конце каждого блока транзакции. По сути, при каждой фиксации транзакции будет автоматически выполняться TRUNCATE. В случае секционированной таблицы это действие не распространяется на её секции.

`DROP`

Временная таблица будет удалена в конце текущего блока транзакции. Если это секционированная таблица, будут удалены и все её секции. Если у таблицы есть потомки в иерархии наследования, они также будут удалены.

`TABLESPACE` *`табл_пространство`*

Здесь *`табл_пространство`* — имя табличного пространства, в котором будет создаваться новая таблица. Если оно не указано, выбирается default_tablespace для обычных или temp_tablespaces для временных таблиц. Если же этот параметр задаётся для секционируемой таблицы, то ввиду того, что ей самой табличное пространство не требуется, заданное имя переопределяет значение `default_tablespace` (табличное пространство по умолчанию), которое применяется для всех создаваемых секций в случае отсутствия явного указания.

`USING INDEX TABLESPACE` *`табл_пространство`*

Это предложение позволяет выбрать табличное пространство, в котором будут создаваться индексы, связанные с ограничениями `UNIQUE`, `PRIMARY KEY` или `EXCLUDE`. Если оно не указано, выбирается default_tablespace или temp_tablespaces, если таблица временная.

Параметры хранения

Предложение `WITH` позволяет установить *параметры хранения* для таблиц и индексов, связанных с ограничениями `UNIQUE`, `PRIMARY KEY` и `EXCLUDE`. Параметры хранения для индексов документированы в CREATE INDEX. Поддерживаемые в настоящее время параметры хранения для таблиц перечислены ниже. Как показано, для многих параметров существует дополнительный параметр с тем же именем и префиксом `toast.`, который управляет поведением вторичной таблицы TOAST, если она есть (за дополнительными сведениями о TOAST обратитесь к Разделу 69.2). Если значение некоторого параметра задано для таблицы, а значение равнозначного параметра `toast.` не определено, для таблицы TOAST будет применяться значение параметра основной таблицы. Возможность задания этих параметров для секционированных таблиц не поддерживается, но вы можете задать их для отдельных конечных секций.

`fillfactor` (`integer`)

Фактор заполнения для таблицы, задаваемый в процентах, от 10 до 100. Значение по умолчанию — 100 (плотное заполнение). При меньшем факторе заполнения операции `INSERT` упаковывают данные в страницы только до заданного процента; оставшееся место резервируется для изменения строк на этой странице. В результате `UPDATE` получает шанс поместить изменённую копию строки в ту же страницу, что и исходную, что гораздо эффективнее, чем размещать её на другой странице, и увеличивает возможности для внесения изменений по схеме кортежи только в куче. Для таблиц, записи в которых никогда не меняются, лучшим выбором будет плотное заполнение, но для активно изменяемых таблиц лучше выбрать меньший фактор заполнения. Этот параметр нельзя задать для таблиц TOAST.

`toast_tuple_target` (`integer`)

Параметр toast_tuple_target задаёт минимальную длину кортежа, после превышения которой мы будем пытаться сжимать и/или переносить значения больших столбцов в таблицы TOAST и до которой мы будем пытаться сократить размер кортежа после перехода к TOAST. Это затрагивает столбцы с пометкой External (внешние, которые могут переноситься), Main (основные, которые могут сжиматься) или Extended (расширенные, которые могут и сжиматься, и просто переноситься) и касается только новых кортежей. На существующие кортежи это не влияет. По умолчанию этот параметр имеет значение, позволяющее разместить минимум 4 кортежа в блоке, что при стандартном размере блока составляет 2040 байт. Допустимые значения лежат в интервале от 128 байт до (размер_блока - заголовок), по умолчанию 8160 байт. Изменение этого значения может не отражаться на очень коротких и очень длинных кортежах. Заметьте, что выбранное по умолчанию значение часто близко к оптимальному, и весьма вероятно, что изменение этого параметра в некоторых случаях будет иметь отрицательный эффект. Для таблиц TOAST этот параметр задать нельзя.

`parallel_workers` (`integer`)

Данный параметр задаёт число рабочих процессов, которые должны задействоваться при параллельном сканировании таблицы. Если это значение не задано, система будет определять его, исходя из размера отношения. Фактическое число рабочих процессов, выбранное планировщиком или служебными операторами, выполняющими параллельное сканирование, может быть меньше, например, вследствие ограничения max_worker_processes.

`autovacuum_enabled`, `toast.autovacuum_enabled` (`boolean`)

Включает или отключает демон автоочистки для определённой таблицы. Со значением true демон автоочистки будет автоматически выполнять операции `VACUUM` и/или `ANALYZE` в этой таблице, согласно правилам, описанным в Подразделе 24.1.6. Со значением false эта таблица не будет подвергаться автоочистке, если только это не потребуется для предотвращения зацикливания идентификаторов транзакций. Более подробно предотвращение зацикливания описывается в Подразделе 24.1.5. Заметьте, что демон автоочистки не будет запускаться вовсе (если только это не потребуется для предотвращения зацикливания), если параметр autovacuum имеет значение false; это нельзя переопределить, установив параметры хранения для отдельных таблиц. Таким образом, явно устанавливать для этого параметра значение `true` практически не имеет смысла — полезно только значение `false`.

`vacuum_index_cleanup`, `toast.vacuum_index_cleanup` (`boolean`)

Включает или отключает очистку индекса при выполнении в этой таблице операции `VACUUM`. Значение по умолчанию — `true` (вкл.). Отключение очистки индексов может весьма значительно ускорить `VACUUM`, но может привести и к раздуванию индексов, когда изменения в таблицах происходят часто. Явно заданный параметр `INDEX_CLEANUP` команды VACUUM переопределяет значение данного параметра.

`vacuum_truncate`, `toast.vacuum_truncate` (`boolean`)

Включает или отключает процедуру отсечения пустых страниц в конце таблицы в процессе очистки. Значение по умолчанию — `true` (вкл.). Когда этот параметр включён, операции `VACUUM` и автоочистка пытаются отсечь пустые страницы, чтобы освободившееся место возвратилось операционной системе. Заметьте, что для этого отсечения требуется блокировка таблицы на уровне `ACCESS EXCLUSIVE`. Явно заданный параметр `TRUNCATE` команды VACUUM переопределяет значение данного параметра.

`autovacuum_vacuum_threshold`, `toast.autovacuum_vacuum_threshold` (`integer`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_threshold для таблицы.

`autovacuum_vacuum_scale_factor`, `toast.autovacuum_vacuum_scale_factor` (`floating point`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_scale_factor для таблицы.

`autovacuum_vacuum_insert_threshold`, `toast.autovacuum_vacuum_insert_threshold` (`integer`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_insert_threshold для таблицы. Особое значение -1 отключает очистку, вызываемую добавлением данных.

`autovacuum_vacuum_insert_scale_factor`, `toast.autovacuum_vacuum_insert_scale_factor` (`floating point`)

Значение параметра autovacuum_vacuum_insert_scale_factor для таблицы.

autovacuum_analyze_threshold (integer)

Значение параметра autovacuum_analyze_threshold для таблицы.

autovacuum_analyze_scale_factor (floating point)

Значение параметра autovacuum_analyze_scale_factor для таблицы.

autovacuum_vacuum_cost_delay, toast.autovacuum_vacuum_cost_delay (floating point)

Значение параметра autovacuum_vacuum_cost_delay для таблицы.

autovacuum_vacuum_cost_limit, toast.autovacuum_vacuum_cost_limit (integer)

Значение параметра autovacuum_vacuum_cost_limit для таблицы.

autovacuum_freeze_min_age, toast.autovacuum_freeze_min_age (integer)

Значение параметра vacuum_freeze_min_age для таблицы. Учтите, что система будет игнорировать установленные для таблиц значения autovacuum_freeze_min_age, превышающие половину системного autovacuum_freeze_max_age.

autovacuum_freeze_max_age, toast.autovacuum_freeze_max_age (integer)

Значение параметра autovacuum_freeze_max_age для таблицы. Учтите, что система будет игнорировать установленные для таблиц значения autovacuum_freeze_max_age, превышающие значение системного параметра (они могут быть только меньше).

autovacuum_freeze_table_age, toast.autovacuum_freeze_table_age (integer)

Значение параметра vacuum_freeze_table_age для таблицы.

autovacuum_multixact_freeze_min_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_min_age (integer)

Значение параметра vacuum_multixact_freeze_min_age для таблицы. Учтите, что демон автоочистки будет игнорировать установленные для таблиц значения autovacuum_multixact_freeze_min_age, превышающие половину значения системного параметра autovacuum_multixact_freeze_max_age.

autovacuum_multixact_freeze_max_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_max_age (integer)

Значение параметра autovacuum_multixact_freeze_max_age для таблицы. Учтите, что система автоочистки будет игнорировать установленные для таблиц параметры autovacuum_multixact_freeze_max_age, превышающие системный параметр (они могут быть только меньше).

autovacuum_multixact_freeze_table_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_table_age (integer)

Значения параметра vacuum_multixact_freeze_table_age для таблицы.

log_autovacuum_min_duration, toast.log_autovacuum_min_duration (integer)

Значения параметра log_autovacuum_min_duration для таблицы.

user_catalog_table (boolean)

Объявляет таблицу как дополнительную таблицу каталога, например для целей логической репликации. За подробностями обратитесь к Подразделу 48.6.2. Для таблиц TOAST этот параметр задать нельзя.

Примечания

PostgreSQL автоматически создаёт индекс, гарантирующий уникальность, для каждого ограничения уникальности и ограничения первичного ключа. Поэтому явно создавать индекс для столбцов первичного ключа не требуется. (За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE INDEX.)

Ограничения уникальности и первичные ключи в текущей реализации не наследуются. Вследствие этого ограничения уникальности довольно плохо сочетаются с наследованием.

В таблице не может быть больше 1600 столбцов. (На практике фактический предел обычно ниже из-за ограничения на длину записи.)

Примеры

Создание таблицы `films` и таблицы `distributors`:

```
CREATE TABLE films (
    code        char(5) CONSTRAINT firstkey PRIMARY KEY,
    title       varchar(40) NOT NULL,
    did         integer NOT NULL,
    date_prod   date,
    kind        varchar(10),
    len         interval hour to minute
);

CREATE TABLE distributors (
     did    integer PRIMARY KEY GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY,
     name   varchar(40) NOT NULL CHECK (name <> '')
);
```

Создание таблицы с двумерным массивом:

```
CREATE TABLE array_int (
    vector  int[][]
);
```

Определение ограничения уникальности для таблицы `films`. Ограничения уникальности могут быть определены для одного или нескольких столбцов таблицы:

```
CREATE TABLE films (
    code        char(5),
    title       varchar(40),
    did         integer,
    date_prod   date,
    kind        varchar(10),
    len         interval hour to minute,
    CONSTRAINT production UNIQUE(date_prod)
);
```

Определение ограничения-проверки для столбца:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer CHECK (did > 100),
    name    varchar(40)
);
```

Определение ограничения-проверки для таблицы:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer,
    name    varchar(40),
    CONSTRAINT con1 CHECK (did > 100 AND name <> '')
);
```

Определение ограничения первичного ключа для таблицы `films`:

```
CREATE TABLE films (
    code        char(5),
    title       varchar(40),
```

```
    did         integer,
    date_prod   date,
    kind        varchar(10),
    len         interval hour to minute,
    CONSTRAINT code_title PRIMARY KEY(code,title)
);
```

Определение ограничения первичного ключа для таблицы `distributors`. Следующие два примера равнозначны, но в первом используется синтаксис ограничений для таблицы, а во втором — для столбца:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer,
    name    varchar(40),
    PRIMARY KEY(did)
);

CREATE TABLE distributors (
    did     integer PRIMARY KEY,
    name    varchar(40)
);
```

Определение значений по умолчанию: для столбца `name` значением по умолчанию будет строка, для столбца `did` — следующее значение объекта последовательности, а для `modtime` — время, когда была вставлена запись:

```
CREATE TABLE distributors (
    name      varchar(40) DEFAULT 'Luso Films',
    did       integer DEFAULT nextval('distributors_serial'),
    modtime   timestamp DEFAULT current_timestamp
);
```

Определение двух ограничений `NOT NULL` для столбцов таблицы `distributors`, при этом одному ограничению даётся явное имя:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer CONSTRAINT no_null NOT NULL,
    name    varchar(40) NOT NULL
);
```

Определение ограничения уникальности для столбца `name`:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer,
    name    varchar(40) UNIQUE
);
```

То же самое условие, но в виде ограничения таблицы:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer,
    name    varchar(40),
    UNIQUE(name)
);
```

Создание такой же таблицы с фактором заполнения 70% для таблицы и её уникального индекса:

```
CREATE TABLE distributors (
    did     integer,
    name    varchar(40),
    UNIQUE(name) WITH (fillfactor=70)
)
WITH (fillfactor=70);
```

Создание таблицы `circles` с ограничением-исключением, не допускающим пересечения двух кругов:

```
CREATE TABLE circles (
    c circle,
    EXCLUDE USING gist (c WITH &&)
);
```

Создание таблицы `cinemas` в табличном пространстве `diskvol1`:

```
CREATE TABLE cinemas (
        id serial,
        name text,
        location text
) TABLESPACE diskvol1;
```

Создание составного типа и типизированной таблицы:

```
CREATE TYPE employee_type AS (name text, salary numeric);

CREATE TABLE employees OF employee_type (
    PRIMARY KEY (name),
    salary WITH OPTIONS DEFAULT 1000
);
```

Создание таблицы, секционируемой по диапазонам:

```
CREATE TABLE measurement (
    logdate         date not null,
    peaktemp        int,
    unitsales       int
) PARTITION BY RANGE (logdate);
```

Создание таблицы, секционируемой по диапазонам, с ключом секционирования, включающим несколько столбцов:

```
CREATE TABLE measurement_year_month (
    logdate         date not null,
    peaktemp        int,
    unitsales       int
) PARTITION BY RANGE (EXTRACT(YEAR FROM logdate), EXTRACT(MONTH FROM logdate));
```

Создание таблицы, секционируемой по спискам:

```
CREATE TABLE cities (
    city_id      bigserial not null,
    name         text not null,
    population   bigint
) PARTITION BY LIST (left(lower(name), 1));
```

Создание таблицы, секционируемой по хешу:

```
CREATE TABLE orders (
    order_id     bigint not null,
    cust_id      bigint not null,
    status       text
) PARTITION BY HASH (order_id);
```

Создание секции таблицы, секционируемой по диапазонам:

```
CREATE TABLE measurement_y2016m07
    PARTITION OF measurement (
    unitsales DEFAULT 0
) FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO ('2016-08-01');
```

Создание нескольких секций для таблицы, секционируемой по диапазонам, с ключом секционирования, включающим несколько столбцов:

```
CREATE TABLE measurement_ym_older
    PARTITION OF measurement_year_month
    FOR VALUES FROM (MINVALUE, MINVALUE) TO (2016, 11);

CREATE TABLE measurement_ym_y2016m11
    PARTITION OF measurement_year_month
    FOR VALUES FROM (2016, 11) TO (2016, 12);

CREATE TABLE measurement_ym_y2016m12
    PARTITION OF measurement_year_month
    FOR VALUES FROM (2016, 12) TO (2017, 01);

CREATE TABLE measurement_ym_y2017m01
    PARTITION OF measurement_year_month
    FOR VALUES FROM (2017, 01) TO (2017, 02);
```

Создание секции таблицы, секционируемой по спискам:

```
CREATE TABLE cities_ab
    PARTITION OF cities (
    CONSTRAINT city_id_nonzero CHECK (city_id != 0)
) FOR VALUES IN ('a', 'b');
```

Создание секции таблицы, секционируемой по спискам (при этом сама секция также создаётся секционируемой), и добавление секции в неё:

```
CREATE TABLE cities_ab
    PARTITION OF cities (
    CONSTRAINT city_id_nonzero CHECK (city_id != 0)
) FOR VALUES IN ('a', 'b') PARTITION BY RANGE (population);

CREATE TABLE cities_ab_10000_to_100000
    PARTITION OF cities_ab FOR VALUES FROM (10000) TO (100000);
```

Создание секций таблицы, секционируемой по хешу:

```
CREATE TABLE orders_p1 PARTITION OF orders
    FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 0);
CREATE TABLE orders_p2 PARTITION OF orders
    FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 1);
CREATE TABLE orders_p3 PARTITION OF orders
    FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 2);
CREATE TABLE orders_p4 PARTITION OF orders
    FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 3);
```

Создание секции по умолчанию:

```
CREATE TABLE cities_partdef
    PARTITION OF cities DEFAULT;
```

Совместимость

Команда `CREATE TABLE` соответствует стандарту SQL, с описанными ниже исключениями.

Временные таблицы

Хотя синтаксис `CREATE TEMPORARY TABLE` подобен аналогичному в стандарте SQL, результат получается другим. В стандарте временные таблицы определяются только один раз и существуют (изначально пустые) в каждом сеансе, в котором они используются. PostgreSQL вместо этого требует, чтобы каждый сеанс выполнял собственную команду `CREATE TEMPORARY TABLE` для каждой временной таблицы, которая будет использоваться. Это позволяет использовать в разных сеансах таблицы с одинаковыми именами для разных целей, тогда как при подходе, регламентированном стандартом, все экземпляры временной таблицы с одним именем должны иметь одинаковую табличную структуру.

Поведение временных таблиц, описанное в стандарте, в большинстве своём игнорируют и другие СУБД, так что в этом отношении PostgreSQL ведёт себя так же, как и ряд других СУБД.

В стандарте SQL также разделяются глобальные и локальные временные таблицы — в локальной временной таблице содержится отдельный набор данных для каждого модуля SQL в отдельном сеансе, хотя её определение так же разделяется между ними. Так как в PostgreSQL модули SQL не поддерживаются, это различие в PostgreSQL не существует.

Совместимости ради, PostgreSQL принимает ключевые слова `GLOBAL` и `LOCAL` в объявлении временной таблицы, но в настоящее время они никак не действуют. Использовать их не рекомендуется, так как в будущих версиях PostgreSQL может быть принята их интерпретация, более близкая к стандарту.

Предложение `ON COMMIT` для временных таблиц тоже подобно описанному в стандарте SQL, но есть некоторые отличия. Если предложение `ON COMMIT` опущено, в SQL подразумевается поведение `ON COMMIT DELETE ROWS`. Однако в PostgreSQL по умолчанию действует `ON COMMIT PRESERVE ROWS`. Параметр `ON COMMIT DROP` в стандарте SQL отсутствует.

Неотложенные ограничения уникальности

Когда ограничение `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` не является отложенным, PostgreSQL проверяет уникальность непосредственно в момент добавления или изменения строки. Стандарт SQL говорит, что уникальность должна обеспечиваться только в конце оператора; это различие проявляется, например когда одна команда изменяет множество ключевых значений. Чтобы получить поведение, оговоренное стандартом, объявите ограничение как откладываемое (`DEFERRABLE`), но не отложенное (т. е., `INITIALLY IMMEDIATE`). Учтите, что этот вариант может быть значительно медленнее, чем немедленная проверка ограничений.

Ограничения-проверки для столбцов

Стандарт SQL говорит, что ограничение `CHECK`, определяемое для столбца, может ссылаться только на столбец, с которым оно связано; только ограничения `CHECK` для таблиц могут ссылаться на несколько столбцов. В PostgreSQL этого ограничения нет; он воспринимает ограничения-проверки для столбцов и таблиц одинаково.

Ограничение `EXCLUDE`

Ограничения `EXCLUDE` являются расширением PostgreSQL.

Ограничения внешнего ключа

Возможность ограничения внешнего ключа ссылаться на столбцы уникального индекса вместо столбцов первичного ключа или ограничения уникальности является расширением PostgreSQL.

`NULL` «Ограничение»

«Ограничение» `NULL` (на самом деле это не ограничение) является расширением PostgreSQL стандарта SQL, которое реализовано для совместимости с некоторыми другими СУБД (и для симметрии с ограничением `NOT NULL`). Так как это поведение по умолчанию для любого столбца, его присутствие не несёт смысловой нагрузки.

Имена ограничений

В стандарте SQL говорится, что имена ограничений таблицы и ограничений домена должны быть уникальными в схеме, содержащей эту таблицу или домен. Однако PostgreSQL менее строг: он требует только, чтобы имена были уникальны среди ограничений, присоединённых к данной конкретной таблице или домену. Но такого послабления нет для ограничений, построенных на индексах (ограничений `UNIQUE`, `PRIMARY KEY` и `EXCLUDE`), так как ограничение и связанный с ним индекс имеют одно имя, а имена индексов должны быть уникальны среди всех отношений в их схеме.

В настоящее время в PostgreSQL ограничения `NOT NULL` вообще не имеют имён, так что на них требования уникальности не распространяются. Однако это может поменяться в будущих выпусках.

Наследование

Множественное наследование посредством `INHERITS` является языковым расширением PostgreSQL. SQL:1999 и более поздние стандарты определяют единичное наследование с другим синтаксисом и смыслом. Наследование в стиле SQL:1999 пока ещё не поддерживается в PostgreSQL.

Таблицы с нулём столбцов

PostgreSQL позволяет создать таблицу без столбцов (например, `CREATE TABLE foo();`). Это расширение стандарта SQL, который не допускает таблицы с нулём столбцов. Таблицы с нулём столбцов сами по себе не очень полезны, но если их запретить, возникают странные особые ситуации с командой `ALTER TABLE DROP COLUMN`, так что лучшим вариантом кажется игнорировать это требование стандарта.

Множество столбцов идентификации

PostgreSQL позволяет иметь в таблице более одного столбца идентификации. В стандарте же говорится, что в таблице может быть максимум один столбец идентификации. Это ограничение ослаблено в основном для большей гибкости при выполнении изменений в схеме или миграции. Заметьте, что команда `INSERT` поддерживает только одно предложение переопределения значения, применяемое ко всему оператору, так что с несколькими столбцами идентификации различное поведение не поддерживается должным образом.

Генерируемые столбцы

Указание `STORED` отсутствует в стандарте, но используется и в других реализациях баз данных SQL. Стандарт SQL не предусматривает хранение генерируемых столбцов.

Предложение `LIKE`

Хотя предложение `LIKE` описано в стандарте SQL, многие варианты его использования, допустимые в PostgreSQL, в стандарте не описаны, а некоторые предусмотренные в стандарте возможности не реализованы в PostgreSQL.

Предложение `WITH`

Предложение `WITH` является расширением PostgreSQL; в стандарте параметры хранения не оговариваются.

Табличные пространства

Концепция табличных пространств в PostgreSQL отсутствует в стандарте. Как следствие, предложения `TABLESPACE` и `USING INDEX TABLESPACE` являются расширениями.

Типизированные таблицы

Типизированные таблицы реализуют подмножество стандарта SQL. Согласно стандарту, типизированная таблица содержит столбцы, соответствующие нижележащему составному типу, и ещё один столбец, ссылающийся на себя. PostgreSQL не поддерживает ссылающиеся на себя столбцы явно.

Предложение `PARTITION BY`

Предложение `PARTITION BY` является расширением PostgreSQL.

Предложение PARTITION OF

Предложение PARTITION OF является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER TABLE, DROP TABLE, CREATE TABLE AS, CREATE TABLESPACE, CREATE TYPE

CREATE TABLE AS

CREATE TABLE AS — создать таблицу из результатов запроса

Синтаксис

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
 EXISTS ] имя_таблицы
    [ (имя_столбца [, ...] ) ]
    [ USING метод ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITHOUT OIDS ]
    [ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
    AS query
    [ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

`CREATE TABLE AS` создаёт таблицу и наполняет её данными, полученными в результате выполнения `SELECT`. Столбцы этой таблицы получают имена и типы данных в соответствии со столбцами результата `SELECT` (хотя имена столбцов можно переопределить, добавив явно список новых имён столбцов).

`CREATE TABLE AS` напоминает создание представления, но на самом деле есть значительная разница: эта команда создаёт новую таблицу и выполняет запрос только раз, чтобы наполнить таблицу начальными данными. Последующие изменения в исходных таблицах запроса в новой таблице отражаться не будут. С представлением, напротив, определяющая его команда `SELECT` выполняется при каждой выборке из него.

Параметры

`GLOBAL` или `LOCAL`

Для совместимости игнорируются. Использование этих ключевых слов считается устаревшим; за подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

`TEMPORARY` или `TEMP`

Если указано, создаваемая таблица будет временной. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

`UNLOGGED`

Если указано, создаваемая таблица будет нежурналируемой. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует; просто выдать замечание и оставить таблицу без изменений.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца в создаваемой таблице. Если имена столбцов не заданы явно, они определяются по именам столбцов результата запроса.

USING *метод*

Это дополнительное предложение задаёт табличный метод доступа, который будет использоваться для сохранения содержимого новой таблицы; типом этого метода доступа должен быть TABLE. Подробнее об этом рассказывается в Главе 60. В случае отсутствия этого указания для новой таблицы выбирается метод доступа по умолчанию. За подробностями обратитесь к default_table_access_method.

WITH (*параметр_хранения* [= *значение*] [, ...])

Это предложение определяет дополнительные параметры хранения для новой таблицы; см. раздел Параметры хранения в описании CREATE TABLE. В целях обратной совместимости предложение WITH для таблицы также может содержать указание OIDS=FALSE, отмечающее, что строки новой таблицы не должны содержать OID (идентификатор объекта); указание OIDS=TRUE более не поддерживается.

WITHOUT OIDS

Обеспечивающий обратную совместимость синтаксис создания таблицы с характеристикой WITHOUT OIDS; создание таблицы с указанием WITH OIDS более не поддерживается.

ON COMMIT

Поведением временных таблиц в конце блока транзакции позволяет управлять предложение ON COMMIT, которое принимает три параметра:

PRESERVE ROWS

Никакое специальное действие в конце транзакции не выполняется. Это поведение по умолчанию.

DELETE ROWS

Все строки в этой временной таблице будут удаляться в конце каждого блока транзакции. По сути, при каждой фиксации транзакции будет автоматически выполняться TRUNCATE.

DROP

Эта временная таблица будет удаляться в конце текущего блока транзакции.

TABLESPACE *табл_пространство*

Здесь *табл_пространство* — имя табличного пространства, в котором будет создаваться новая таблица. Если оно не указано, выбирается default_tablespace или temp_tablespaces, если таблица временная.

query

Команда SELECT, TABLE или VALUES, либо команда EXECUTE, выполняющая подготовленный запрос SELECT, TABLE или VALUES.

WITH [NO] DATA

Это предложение определяет, будут ли данные, выданные запросом, копироваться в новую таблицу. Если нет, то копируется только структура. По умолчанию данные копируются.

Примечания

Функциональность этой команды подобна SELECT INTO, но предпочтительнее использовать её, во избежание путаницы с другими применениями синтаксиса SELECT INTO. Кроме того, набор возможностей CREATE TABLE AS шире, чем у SELECT INTO.

Примеры

Создание таблицы films_recent, содержащей только последние записи из таблицы films:

```
CREATE TABLE films_recent AS
  SELECT * FROM films WHERE date_prod >= '2002-01-01';
```

Чтобы скопировать таблицу полностью, можно также использовать короткую форму команды `TABLE`:

```
CREATE TABLE films2 AS
  TABLE films;
```

Создание временной таблицы `films_recent`, содержащей только последние записи таблицы `films`, с применением подготовленного оператора. Новая таблица прекратит существование при фиксации транзакции:

```
PREPARE recentfilms(date) AS
  SELECT * FROM films WHERE date_prod > $1;
CREATE TEMP TABLE films_recent ON COMMIT DROP AS
  EXECUTE recentfilms('2002-01-01');
```

Совместимость

`CREATE TABLE AS` соответствует стандарту SQL. Нестандартные расширения перечислены ниже:

- Стандарт требует заключать предложение подзапроса в скобки, но в PostgreSQL эти скобки необязательны.
- Стандарт требует наличия указания `WITH [ NO ] DATA`, в PostgreSQL оно необязательно.
- PostgreSQL работает с временными таблицами не так, как описано в стандарте; за подробностями обратитесь к CREATE TABLE.
- Предложение `WITH` является расширением PostgreSQL; в стандарте параметры хранения не оговариваются.
- Концепция табличных пространств в PostgreSQL отсутствует в стандарте. Как следствие, предложение `TABLESPACE` является расширением.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, CREATE TABLE, EXECUTE, SELECT, SELECT INTO, VALUES

CREATE TABLESPACE

CREATE TABLESPACE — создать табличное пространство

Синтаксис

```
CREATE TABLESPACE табл_пространство
    [ OWNER { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER } ]
    LOCATION 'directory'
    [ WITH ( параметр_табличного_пространства = значение [, ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE TABLESPACE` регистрирует новое табличное пространство на уровне кластера баз данных. Имя табличного пространства должно отличаться от имён уже существующих табличных пространств в кластере.

Табличные пространства позволяют суперпользователям определять альтернативные расположения в файловой системе, где могут находиться файлы, содержащие объекты базы данных (например, таблицы или индексы).

Пользователь, имеющий соответствующие права, может передать параметр *табл_пространство* команде `CREATE DATABASE`, `CREATE TABLE`, `CREATE INDEX` или `ADD CONSTRAINT`, чтобы файлы данных для этих объектов хранились в указанном табличном пространстве.

> **Предупреждение**
>
> Табличное пространство нельзя использовать отдельно от кластера, в котором оно было определено; см. Раздел 22.6.

Параметры

табл_пространство

Имя создаваемого табличного пространства. Это имя не может начинаться с `pg_`, так как такие имена зарезервированы для системных табличных пространств.

имя_пользователя

Имя пользователя, который будет владельцем табличного пространства. Если опущено, владельцем по умолчанию станет пользователь, выполняющий команду. Создавать табличные пространства могут только суперпользователи, но их владельцами могут быть назначены и обычные пользователи.

directory

Каталог, который будет использован для этого табличного пространства. Этот каталог должен уже существовать (`CREATE TABLESPACE` не создаст его), быть пустым и принадлежать системному пользователю PostgreSQL. Задаваться его расположение должно абсолютным путём.

параметр_табличного_пространства

Устанавливаемый или сбрасываемый параметр табличного пространства. В настоящее время поддерживаются только параметры `seq_page_cost`, `random_page_cost`, `effective_io_concurrency` и `maintenance_io_concurrency`. При установке этих значений для заданного табличного пространства переопределяются обычная оценка стоимости чтения страниц из таблиц в этом пространстве и характеристики предвыборки во время выполнения, зависящие от одноимённых параметров конфигурации (см. seq_page_cost, random_page_cost, effective_io_concurrency, maintenance_io_concurrency). Это может быть полезно, если одно из табличных пространств размещено на диске, который быстрее или медленнее остальной дисковой подсистемы.

Примечания

Табличные пространства поддерживаются только на платформах, поддерживающих символические ссылки.

`CREATE TABLESPACE` не может быть выполнена внутри блока транзакции.

Примеры

Чтобы создать табличное пространство `dbspace`, расположенное в файловой системе в каталоге `/data/dbs`, сначала создайте этот каталог средствами операционной системы и установите для него подходящего владельца:

```
mkdir /data/dbs
chown postgres:postgres /data/dbs
```

Затем выполните в PostgreSQL команду, собственно создающую табличное пространство:

```
CREATE TABLESPACE dbspace LOCATION '/data/dbs';
```

Чтобы создать табличное пространство, которое будет принадлежать другому пользователю БД, выполните такую команду:

```
CREATE TABLESPACE indexspace OWNER genevieve LOCATION '/data/indexes';
```

Совместимость

`CREATE TABLESPACE` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DATABASE, CREATE TABLE, CREATE INDEX, DROP TABLESPACE, ALTER TABLESPACE

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION — создать конфигурацию текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION имя (
    PARSER = имя_анализатора |
    COPY = исходная_конфигурация
)
```

Описание

`CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION` создаёт конфигурацию текстового поиска. Конфигурация текстового поиска определяет анализатор текстового поиска, разделяющий строку на фрагменты, и словари, позволяющие установить, какие именно фрагменты представляют интерес при поиске.

Если задаётся только анализатор, новая конфигурация текстового поиска не будет содержать сопоставления типов фрагментов со словарями и, как следствие, будет игнорировать все слова. Для создания сопоставлений, которые бы сделали конфигурацию полезной, затем нужно будет воспользоваться командой `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION`. Другой вариант команды позволяет скопировать конфигурацию текстового поиска.

Если указывается имя схемы, конфигурация текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме.

Владельцем конфигурации текстового поиска становится пользователь её создавший.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемой конфигурации текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

имя_анализатора

Имя анализатора текстового поиска, который будет использоваться этой конфигурацией.

исходная_конфигурация

Имя существующей конфигурации текстового поиска, которая будет скопирована.

Примечания

Параметры `PARSER` и `COPY` являются взаимоисключающими, так как при копировании существующей конфигурации выбранный в ней анализатор копируется тоже.

Совместимость

Оператор `CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION, DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY — создать словарь текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY имя (
    TEMPLATE = шаблон
    [, параметр = значение [, ... ]]
)
```

Описание

`CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY` создаёт словарь текстового поиска. Словарь текстового поиска определяет способ выделения слов, представляющих или не представляющих интерес для поиска. Работа словаря зависит от шаблона текстового поиска, в котором определяются функции, собственно выполняющие действия. Обычно словарь задаёт некоторые параметры, управляющие частным поведением функций шаблона.

Если указывается имя схемы, словарь текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Владельцем словаря текстового поиска становится пользователь его создавший.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого словаря текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

шаблон

Имя шаблона текстового поиска, который будет определять общее поведение этого словаря.

параметр

Имя параметра шаблона, устанавливаемого для данного словаря.

значение

Значение для параметра, связанного с шаблоном. Если это не простой идентификатор или число, его следует заключить в кавычки (при желании его можно заключать в кавычки всегда).

Параметры могут перечисляться в любом порядке.

Примеры

Команда в следующем примере создаёт словарь на базе Snowball с нестандартным списком стоп-слов.

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY my_russian (
    template = snowball,
    language = russian,
    stopwords = myrussian
);
```

Совместимость

Оператор `CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

CREATE TEXT SEARCH PARSER

CREATE TEXT SEARCH PARSER — создать анализатор текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH PARSER имя (
    START = функция_начала ,
    GETTOKEN = функция_выдачи_фрагмента ,
    END = функция_окончания ,
    LEXTYPES = функция_лекс_типов
    [, HEADLINE = функция_выдержек ]
)
```

Описание

`CREATE TEXT SEARCH PARSER` создаёт анализатор текстового поиска. Анализатор текстового поиска определяет способ разделения текстовой строки на фрагменты и назначения типов (категорий) этим фрагментам. Анализатор не очень полезен сам по себе, для осуществления поиска он должен быть подключён к конфигурации текстового поиска вместе с определёнными словарями.

Если указывается имя схемы, словарь текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Выполнить `CREATE TEXT SEARCH PARSER` может только суперпользователь. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение анализатора текстового поиска может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого анализатора текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

функция_начала

Имя функции, вызываемой в начале обработки.

функция_выдачи_фрагмента

Имя функции, выдающей следующий фрагмент.

функция_окончания

Имя функции, вызываемой по окончании обработки.

функция_лекс_типов

Имя функции перечисления лексических типов (эта функция выдаёт информацию о множестве типов фрагментов, выделяемых анализатором).

функция_выдержек

Имя функции извлечения выдержек (эта функция выделяет краткое содержание для набора фрагментов).

Имена функций могут быть дополнены именем схемы, если требуется. Типы аргументов не указываются, так как список аргументов для всех типов функций предопределён. Обязательными являются все функции, кроме функции выдержек.

Аргументы могут перечисляться в любом порядке, не только в том, что показан выше.

Совместимость

Оператор `CREATE TEXT SEARCH PARSER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH PARSER, DROP TEXT SEARCH PARSER

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE — создать шаблон текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE имя (
    [ INIT = функция_инициализации , ]
    LEXIZE = функция_выделения_лексем
)
```

Описание

`CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE` создаёт новый шаблон текстового поиска. Шаблоны текстового поиска определяют функции для реализации словарей текстового поиска. Шаблон сам по себе бесполезен, но его экземпляр нужно создать для словаря. Словарь обычно определяет параметры, передаваемые функциям шаблона.

Если указывается имя схемы, шаблон текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Выполнить `CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE` может только суперпользователь. Это ограничение введено потому, что ошибочное определение шаблона текстового поиска может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера. Смысл отделения шаблонов от словарей в том, что шаблон покрывает «небезопасные» аспекты определения словаря. Параметры, которые можно задать при определении словаря, не могут причинить вред, поэтому создавать словари разрешено и непривилегированным пользователям.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого шаблона текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

функция_инициализации

Имя функции инициализации для шаблона.

функция_выделения_лексем

Имя функции выделения лексем.

Имена функций могут быть дополнены именем схемы, если требуется. Типы аргументов не указываются, так как список аргументов для всех типов функций предопределён. Функция выделения лексем является обязательной, а функция инициализации может отсутствовать.

Аргументы могут перечисляться в любом порядке, не только в том, что показан выше.

Совместимость

Оператор `CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

CREATE TRANSFORM

CREATE TRANSFORM — создать трансформацию

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка (
    FROM SQL WITH FUNCTION имя_функции_из_sql [ (тип_аргумента [, ...]) ],
    TO SQL WITH FUNCTION имя_функции_в_sql [ (тип_аргумента [, ...]) ]
);
```

Описание

`CREATE TRANSFORM` определяет новую трансформацию. `CREATE OR REPLACE TRANSFORM` либо создаёт трансформацию, либо заменяет существующую.

Трансформация определяет, как преобразовать тип данных для процедурного языка. Например, если написать на языке PL/Python функцию, использующую тип `hstore`, PL/Python заведомо не знает, как должны представляться значения `hstore` в среде Python. Обычно реализации языка нисходят к текстовому представлению, но это может быть неудобно, когда более уместен был бы, например, ассоциативный массив или список.

Трансформация определяет две функции:

- Функция «из SQL» преобразует тип из среды SQL в среду языка. Эта функция будет вызываться для аргументов функции, написанной на этом языке.
- Функция «в SQL» преобразует тип из среды языка в среду SQL. Эта функция будет вызываться для значения, возвращаемого из функции на этом языке.

Предоставлять обе эти функции не требуется, можно ограничиться одной. Если одна из них не указана, при необходимости выбирается поведение, принятое для языка по умолчанию. (Чтобы полностью перекрыть путь трансформации в одну сторону, можно написать функцию, которая будет всегда выдавать ошибку.)

Чтобы создать трансформацию, необходимо быть владельцем и иметь право `USAGE` для типа, иметь право `USAGE` для языка, а также быть владельцем и иметь право `EXECUTE` для функций из-SQL и в-SQL, если они задаются.

Параметры

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

имя_функции_из_sql`[(`*тип_аргумента* `[, ...])]`

Имя функции для преобразования типа из среды SQL в среду языка. Она должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип `internal`. Фактический аргумент будет иметь тип, заданный для трансформации, и сама функция должна рассчитывать на это. (Но на уровне SQL нельзя объявить функцию, возвращающую тип `internal`, если она не принимает минимум один аргумент типа `internal`.) Фактически возвращаемое значение будет определяться реализацией языка. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

имя_функции_в_sql`[(`*тип_аргумента* `[, ...])]`

Имя функции для преобразования типа из среды языка в среду SQL. Она должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип, для которого создаётся трансформация. Фактическое значение аргумента будет определяться реализацией языка. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

Примечания

Для удаления трансформаций применяется DROP TRANSFORM.

Примеры

Чтобы создать трансформацию для типа `hstore` и языка `plpythonu`, сначала нужно создать тип и язык:

```
CREATE TYPE hstore ...;

CREATE EXTENSION plpythonu;
```

Затем создайте необходимые функции:

```
CREATE FUNCTION hstore_to_plpython(val internal) RETURNS internal
LANGUAGE C STRICT IMMUTABLE
AS ...;

CREATE FUNCTION plpython_to_hstore(val internal) RETURNS hstore
LANGUAGE C STRICT IMMUTABLE
AS ...;
```

И наконец, создайте трансформацию, соединяющую всё это вместе:

```
CREATE TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu (
    FROM SQL WITH FUNCTION hstore_to_plpython(internal),
    TO SQL WITH FUNCTION plpython_to_hstore(internal)
);
```

На практике эти команды помещаются в расширение.

В разделе `contrib` представлено несколько расширений, в которых определены трансформации, что может послужить практическим примером реализации.

Совместимость

Первая форма `CREATE TRANSFORM` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL есть команда `CREATE TRANSFORM`, но её предназначение — преобразовывать типы для языков на стороне клиента. Этот вариант использования не поддерживается PostgreSQL.

См. также

CREATE FUNCTION, CREATE LANGUAGE, CREATE TYPE, DROP TRANSFORM

CREATE TRIGGER

CREATE TRIGGER — создать триггер

Синтаксис

```
CREATE [ CONSTRAINT ] TRIGGER имя { BEFORE | AFTER | INSTEAD OF } { событие
 [ OR ... ] }
    ON имя_таблицы
    [ FROM ссылающаяся_таблица ]
    [ NOT DEFERRABLE | [ DEFERRABLE ] [ INITIALLY IMMEDIATE | INITIALLY DEFERRED ] ]
    [ REFERENCING { { OLD | NEW } TABLE [ AS ] имя_переходного_отношения } [ ... ] ]
    [ FOR [ EACH ] { ROW | STATEMENT } ]
    [ WHEN ( условие ) ]
    EXECUTE { FUNCTION | PROCEDURE } имя_функции ( аргументы )

Здесь допускается событие:

    INSERT
    UPDATE [ OF имя_столбца [, ... ] ]
    DELETE
    TRUNCATE
```

Описание

`CREATE TRIGGER` создаёт новый триггер. Триггер будет связан с указанной таблицей, представлением или сторонней таблицей и будет выполнять заданную функцию *имя_функции* при определённых операциях с этой таблицей.

Триггер можно настроить так, чтобы он срабатывал до операции со строкой (до проверки ограничений и попытки выполнить `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`) или после её завершения (после проверки ограничений и выполнения `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`), либо вместо операции (при добавлении, изменении и удалении строк в представлении). Если триггер срабатывает до или вместо события, он может пропустить операцию с текущей строкой, либо изменить добавляемую строку (только для операций `INSERT` и `UPDATE`). Если триггер срабатывает после события, он «видит» все изменения, включая результат действия других триггеров.

Триггер с пометкой `FOR EACH ROW` вызывается один раз для каждой строки, изменяемой в процессе операции. Например, операция `DELETE`, удаляющая 10 строк, приведёт к срабатыванию всех триггеров `ON DELETE` в целевом отношении 10 раз подряд, по одному разу для каждой удаляемой строки. Триггер с пометкой `FOR EACH STATEMENT`, напротив, вызывается только один раз для конкретной операции, вне зависимости от того, как много строк она изменила (в частности, при выполнении операции, изменяющей ноль строк, всё равно будут вызваны все триггеры `FOR EACH STATEMENT`).

Триггеры, срабатывающие в режиме `INSTEAD OF`, должны быть помечены `FOR EACH ROW` и могут быть определены только для представлений. Триггеры `BEFORE` и `AFTER` для представлений должны быть помечены `FOR EACH STATEMENT`.

Кроме того, триггеры можно определить и для команды `TRUNCATE`, но только типа `FOR EACH STATEMENT`.

В следующей таблице перечисляются типы триггеров, которые могут использоваться для таблиц, представлений и сторонних таблиц:

Когда	Событие	На уровне строк	На уровне оператора
`BEFORE`	`INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`	Таблицы и сторонние таблицы	Таблицы, представления и сторонние таблицы

Когда	Событие	На уровне строк	На уровне оператора
	TRUNCATE	—	Таблицы
AFTER	INSERT/UPDATE/DELETE	Таблицы и сторонние таблицы	Таблицы, представления и сторонние таблицы
	TRUNCATE	—	Таблицы
INSTEAD OF	INSERT/UPDATE/DELETE	Представления	—
	TRUNCATE	—	—

Кроме того, в определении триггера можно указать логическое условие `WHEN`, которое определит, вызывать триггер или нет. В триггерах на уровне строк условия `WHEN` могут проверять старые и/или новые значения столбцов в строке. Триггеры на уровне оператора так же могут содержать условие `WHEN`, хотя для них это не столь полезно, так как в этом условии нельзя ссылаться на какие-либо значения в таблице.

Если для одного события определено несколько триггеров одного типа, они будут срабатывать в алфавитном порядке их имён.

Когда указывается параметр `CONSTRAINT`, эта команда создаёт *триггер ограничения*. Он подобен обычным триггерам, но отличается тем, что время его срабатывания можно изменить командой SET CONSTRAINTS. Триггеры ограничений должны быть триггерами типа `AFTER ROW` для обычных (не сторонних) таблиц. Они могут срабатывать либо в конце оператора, вызвавшего целевое событие, либо в конце содержащей его транзакции; в последнем случае они называются *отложенными*. Срабатывание ожидающего отложенного триггера можно вызвать немедленно, воспользовавшись командой `SET CONSTRAINTS`. Предполагается, что триггеры ограничений будут генерировать исключения при нарушении ограничений.

Когда указывается `REFERENCING`, для триггера собираются *переходные отношения*, представляющие собой множества строк, включающие все строки, которые были добавлены, удалены или изменены текущим оператором SQL. Это позволяет триггеру наблюдать общую картину того, что сделал оператор, а не только одну строку за другой. Это указание допускается только для триггера `AFTER` для обычных (не сторонних) таблиц. Этот триггер не должен быть триггером ограничения. Кроме того, если это триггер для `UPDATE`, у него должен отсутствовать список *имён_столбцов* при использовании этого указания. Указание `OLD TABLE` может быть задано только один раз и только для триггера, который может срабатывать при `UPDATE` или `DELETE`; оно создаёт переходное отношение, содержащее *образы-до-изменения* всех строк, модифицированных или удалённых оператором. Указание `NEW TABLE`, подобным образом, может быть задано только единожды и только для триггера, который может срабатывать для `UPDATE` или `INSERT`; оно создаёт переходное отношение, содержащее *образы-после-изменения* всех строк, модифицированных или добавленных оператором.

`SELECT` не изменяет никакие строки, поэтому создавать триггеры для `SELECT` нельзя. Для решения задач, в которых требуются подобные триггеры, могут подойти правила или представления.

За дополнительными сведениями о триггерах обратитесь к Главе 38.

Параметры

имя

Имя, назначаемое новому триггеру. Это имя должно отличаться от имени любого другого триггера в этой же таблице. Имя не может быть дополнено схемой — триггер наследует схему от своей таблицы. Для триггеров ограничений это имя также используется, когда требуется скорректировать поведение триггера с помощью команды `SET CONSTRAINTS`.

`BEFORE`
`AFTER`
`INSTEAD OF`

Определяет, будет ли заданная функция вызываться до, после или вместо события. Для триггера ограничения можно указать только `AFTER`.

`событие`

Принимает одно из значений: `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE`; этот параметр определяет событие, при котором будет срабатывать триггер. Несколько событий можно указать, добавив между ними слово `OR`, если только не запрашиваются переходные отношения.

Для событий `UPDATE` можно указать список столбцов, используя такую запись:

```
UPDATE OF имя_столбца1 [, имя_столбца2 ... ]
```

Такой триггер сработает, только если в списке столбцов, указанном в целевой команде `UPDATE`, окажется минимум один из перечисленных или если какой-нибудь из них будет генерируемым и при этом зависящим от столбца, который фигурирует в `UPDATE`.

Для событий `INSTEAD OF UPDATE` указание списка столбцов не допускается. Список столбцов также нельзя задать, когда запрашиваются переходные отношения.

`имя_таблицы`

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, представления или сторонней таблицы, для которых предназначен триггер.

`ссылающаяся_таблица`

Имя (возможно, дополненное схемой) другой таблицы, на которую ссылается ограничение. Оно используется для ограничений внешнего ключа и не рекомендуется для обычного применения. Это указание допускается только для триггеров ограничений.

`DEFERRABLE`
`NOT DEFERRABLE`
`INITIALLY IMMEDIATE`
`INITIALLY DEFERRED`

Время срабатывания триггера по умолчанию. Подробнее возможные варианты описаны в документации CREATE TABLE. Это указание допускается только для триггеров ограничений.

`REFERENCING`

Это ключевое слово непосредственно предшествует объявлению одного или двух имён, по которым можно будет обращаться к переходным отношениями, образуемым при выполнении целевого оператора.

`OLD TABLE`
`NEW TABLE`

Это предложение указывает, будет ли следующее имя относиться к переходному отношению с образом-до-изменения или к переходному отношению с образом-после-изменения.

`имя_переходного_отношения`

Имя (неполное, без схемы), которое будет использоваться в триггере для обращения к этому переходному отношению.

`FOR EACH ROW`
`FOR EACH STATEMENT`

Определяет, будет ли функция триггера срабатывать один раз для каждой строки, либо для SQL-оператора. Если не указано ничего, подразумевается `FOR EACH STATEMENT` (для оператора). Для триггеров ограничений можно указать только `FOR EACH ROW`.

условие

Логическое выражение, определяющее, будет ли выполняться функция триггера. Если для триггера задано указание `WHEN`, функция будет вызываться, только когда *условие* возвращает `true`. В триггерах `FOR EACH ROW` условие `WHEN` может ссылаться на значения столбца в старой и/или новой строке, в виде `OLD.`*имя_столбца* и `NEW.`*имя_столбца*, соответственно. Разумеется, триггеры `INSERT` не могут ссылаться на `OLD`, а триггеры `DELETE` не могут ссылаться на `NEW`.

Триггеры `INSTEAD OF` не поддерживают условия `WHEN`.

В настоящее время выражения `WHEN` не могут содержать подзапросы.

Учтите, что для триггеров ограничений вычисление условия `WHEN` не откладывается, а выполняется немедленно после операции, изменяющей строки. Если результат условия — ложь, сам триггер не откладывается для последующего выполнения.

имя_функции

Заданная пользователем функция, объявленная как функция без аргументов и возвращающая тип `trigger`, которая будет вызываться при срабатывании триггера.

В синтаксисе `CREATE TRIGGER` ключевые слова `FUNCTION` и `PROCEDURE` равнозначны, но указываемая триггерная функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово `PROCEDURE` здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

аргументы

Необязательный список аргументов через запятую, которые будут переданы функции при срабатывании триггера. В качестве аргументов функции передаются строковые константы. И хотя в этом списке можно записать и простые имена или числовые константы, они тоже будут преобразованы в строки. Порядок обращения к таким аргументам в функции триггера может отличаться от обычных аргументов, поэтому его следует уточнить в описании языка реализации этой функции.

Примечания

Чтобы создать триггер, пользователь должен иметь право `TRIGGER` для этой таблицы. Также пользователь должен иметь право `EXECUTE` для триггерной функции.

Для удаления триггера применяется команда DROP TRIGGER.

Триггер для избранных столбцов (определённый с помощью `UPDATE OF` *имя_столбца*) будет срабатывать, когда его столбцы перечислены в качестве целевых в списке `SET` команды `UPDATE`. Изменения, вносимые в строки триггерами `BEFORE UPDATE`, при этом не учитываются, поэтому значения столбцов можно изменить так, что триггер не сработает. И наоборот, при выполнении команды `UPDATE ... SET x = x ...` триггер для столбца `x` сработает, хотя значение столбца не меняется.

Некоторые общие задачи можно решить с применением встроенных триггерных функций, обойдясь без написания собственного кода; см. Раздел 9.28.

В триггере `BEFORE` условие `WHEN` вычисляется непосредственно перед возможным вызовом функции, поэтому проверка `WHEN` существенно не отличается от проверки того же условия в начале функции триггера. В частности, учтите, что строка `NEW`, которую видит ограничение, содержит текущие значения, возможно изменённые предыдущими триггерами. Кроме того, в триггере `BEFORE` условие `WHEN` не может проверять системные столбцы в строке `NEW` (например, `ctid`), так как они ещё не установлены.

В триггере `AFTER` условие `WHEN` проверяется сразу после изменения строки, и если оно выполняется, событие запоминается, чтобы вызвать триггер в конце оператора. Если же для триггера `AFTER` условие `WHEN` не выполняется, нет необходимости запоминать событие для последующей обработки или заново перечитывать строку в конце оператора. Это приводит к значительному ускорению операторов, изменяющих множество строк, когда триггер должен срабатывать только для некоторых из них.

В некоторых случаях одна команда SQL может вызывать сразу нескольких видов триггеров. Например, `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` может выполнять операции как добавления, так и изменения, так что она при необходимости будет вызывать триггеры обоих видов. При этом переходные отношения, предоставляемые триггерам, будут разными в зависимости от типа события; то есть триггер `INSERT` будет видеть только добавленные строки, а триггер `UPDATE` — только изменённые.

Изменения или удаления строк, вызванные действиями по обеспечению целостности внешнего ключа, например, `ON UPDATE CASCADE` или `ON DELETE SET NULL`, считаются частью SQL-команды, вызвавшей эти действия (заметьте, что такие действия не могут быть отложенными). В затрагиваемой таблице будут вызваны соответствующие триггеры, и таким образом появляется возможность вызова триггеров для SQL-команды, не соответствующей непосредственно их типу. В простых ситуациях триггеры, запрашивающие переходные отношения, будут видеть все изменения, произведённые в их таблице одной исходной командой SQL, в виде одного переходного отношения. Однако возможны случаи, в которых присутствие триггера `AFTER ROW`, запрашивающего переходные отношения, приведёт к тому, что операции для обеспечения целостности внешнего ключа, вызванные одной SQL-командой, будут разделены на несколько этапов, и на каждом будут свои переходные отношения. В таких случаях все существующие триггеры уровня оператора будут срабатывать единожды при создании переходного отношения, что гарантирует, что эти триггеры будут видеть каждую обрабатываемую строку в переходном отношении один и только один раз.

Триггеры уровня операторов для представления срабатывают, только если операция с представлением обрабатывается триггером уровня строк `INSTEAD OF`. Если операция обрабатывается правилом `INSTEAD`, то вместо исходного оператора, обращающегося к представлению, выполняются те операторы, что генерирует правило, поэтому вызываться будут триггеры, связанные с таблицами, к которым обращаются эти заменяющие операторы. Аналогично, для автоматически изменяемого представления выполнение операции сводится к переписыванию оператора в виде операции с базовой таблицей представления, так что срабатывать будут триггеры уровня операторов для базовой таблицы.

При создании триггера уровня строк для секционированной таблицы такие же триггеры будут созданы во всех существующих секциях этой таблицы; идентичные триггеры будут установлены и в секциях, создаваемых или присоединяемых позже. В случае отсоединения секции от родительской таблицы созданный в секции триггер удаляется. Для секционированных таблиц нельзя создать триггеры `INSTEAD OF`.

При изменении данных в секционированной таблице или таблице с потомками срабатывают триггеры уровня оператора, связанные с явно задействованной таблицей, но не триггеры уровня оператора для её секций или дочерних таблиц. Триггеры уровня строк, напротив, срабатывают для строк в затрагиваемых секциях или дочерних таблицах, даже если они явно не присутствуют в запросе. Если триггер уровня оператора был определён с переходными отношениями, названными в указании `REFERENCING`, то в них будут видны образы строк из всех затронутых секций или дочерних таблиц. В случае с потомками в иерархии наследования образы строк будут содержать только столбцы, присутствующие в таблице, с которой связан триггер. В настоящее время триггеры уровня строк с переходными отношениями нельзя определить для секций или дочерних таблиц в иерархии наследования.

Примеры

Выполнение функции `check_account_update` перед любым изменением строк в таблице `accounts`:

```
CREATE TRIGGER check_update
    BEFORE UPDATE ON accounts
    FOR EACH ROW
    EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

То же самое, но функция триггера будет выполняться, только если столбец balance присутствует в списке целевых столбцов команды UPDATE:

```
CREATE TRIGGER check_update
    BEFORE UPDATE OF balance ON accounts
    FOR EACH ROW
    EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

В этом примере функция будет выполняться, если значение столбца balance в действительности изменилось:

```
CREATE TRIGGER check_update
    BEFORE UPDATE ON accounts
    FOR EACH ROW
    WHEN (OLD.balance IS DISTINCT FROM NEW.balance)
    EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

Вызов функции, ведущей журнал изменений в accounts, но только если что-то изменилось:

```
CREATE TRIGGER log_update
    AFTER UPDATE ON accounts
    FOR EACH ROW
    WHEN (OLD.* IS DISTINCT FROM NEW.*)
    EXECUTE FUNCTION log_account_update();
```

Выполнение для каждой строки функции view_insert_row, которая будет вставлять строки в нижележащие таблицы представления:

```
CREATE TRIGGER view_insert
    INSTEAD OF INSERT ON my_view
    FOR EACH ROW
    EXECUTE FUNCTION view_insert_row();
```

Выполнение функции check_transfer_balances_to_zero для каждого оператора, проверяющей, что строки transfer в совокупности дают нулевой баланс:

```
CREATE TRIGGER transfer_insert
    AFTER INSERT ON transfer
    REFERENCING NEW TABLE AS inserted
    FOR EACH STATEMENT
    EXECUTE FUNCTION check_transfer_balances_to_zero();
```

Выполнение функции check_matching_pairs для каждой строки, проверяющей, что соответствующие пары пунктов изменены синхронно (одним оператором):

```
CREATE TRIGGER paired_items_update
    AFTER UPDATE ON paired_items
    REFERENCING NEW TABLE AS newtab OLD TABLE AS oldtab
    FOR EACH ROW
    EXECUTE FUNCTION check_matching_pairs();
```

В Разделе 38.4 приведён полный пример функции триггера, написанной на C.

Совместимость

Оператор CREATE TRIGGER в PostgreSQL реализует подмножество возможностей, описанных в стандарте SQL. В настоящее время в нём отсутствует следующая функциональность:

- Тогда как имена переходных таблиц для триггеров AFTER задаются предложением REFERENCING стандартным образом, переменные строк, применяемые в триггерах FOR EACH ROW нельзя объявлять в предложении REFERENCING. Порядок обращения к таким строкам зависит от языка, на котором написана триггерная функция, но для каждого языка он вполне определённый. Некоторые языки по сути действуют так, как будто в команде присутствует предложение REFERENCING с указанием OLD ROW AS OLD NEW ROW AS NEW.

- Стандарт позволяет использовать переходные таблицы с триггерами `UPDATE`, ограничивающими набор отслеживаемых столбцов, но тогда и набор строк, видимых в переходных таблицах, должен зависеть от списка целевых столбцов триггера. В настоящее время такое поведение в PostgreSQL не реализовано.
- PostgreSQL позволяет задать в качестве действия триггера только функцию, определённую пользователем. Стандарт допускает также выполнение ряда других команд SQL, например, `CREATE TABLE`. Однако это ограничение несложно преодолеть, создав пользовательскую функцию, выполняющую требуемые команды.

В стандарте SQL определено, что несколько триггеров должны срабатывать по порядку создания. PostgreSQL упорядочивает их по именам, так как это было признано более удобным.

В стандарте SQL определено, что триггеры `BEFORE DELETE` при каскадном удалении срабатывают *после* завершения каскадного `DELETE`. В PostgreSQL триггеры `BEFORE DELETE` всегда срабатывают перед операцией удаления, даже если она каскадная. Это поведение выбрано как более логичное. Ещё одно отклонение от стандарта проявляется, когда триггеры `BEFORE`, срабатывающие в результате ссылочной операции, изменяют строки или не дают выполнить изменение. Это может привести к нарушению ограничений или сохранению данных, не соблюдающих ссылочную целостность.

Возможность задать несколько действий для одного триггера с помощью ключевого слова `OR` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

Возможность вызывать триггеры для `TRUNCATE` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL, как и возможность определять триггеры на уровне оператора для представлений.

`CREATE CONSTRAINT TRIGGER` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

ALTER TRIGGER, DROP TRIGGER, CREATE FUNCTION, SET CONSTRAINTS

CREATE TYPE

CREATE TYPE — создать новый тип данных

Синтаксис

```
CREATE TYPE имя AS
    ( [ имя_атрибута тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [, ... ] ] )

CREATE TYPE имя AS ENUM
    ( [ 'метка' [, ... ] ] )

CREATE TYPE имя AS RANGE (
    SUBTYPE = подтип
    [ , SUBTYPE_OPCLASS = класс_оператора_подтипа ]
    [ , COLLATION = правило_сортировки ]
    [ , CANONICAL = функция_нормализации ]
    [ , SUBTYPE_DIFF = функция_разницы_подтипа ]
)

CREATE TYPE имя (
    INPUT = функция_ввода,
    OUTPUT = функция_вывода
    [ , RECEIVE = функция_получения ]
    [ , SEND = функция_отправки ]
    [ , TYPMOD_IN = функция_ввода_модификатора_типа ]
    [ , TYPMOD_OUT = функция_вывода_модификатора_типа ]
    [ , ANALYZE = функция_анализа ]
    [ , INTERNALLENGTH = { внутр_длина | VARIABLE } ]
    [ , PASSEDBYVALUE ]
    [ , ALIGNMENT = выравнивание ]
    [ , STORAGE = хранение ]
    [ , LIKE = тип_образец ]
    [ , CATEGORY = категория ]
    [ , PREFERRED = предпочитаемый ]
    [ , DEFAULT = default ]
    [ , ELEMENT = элемент ]
    [ , DELIMITER = разделитель ]
    [ , COLLATABLE = сортируемый ]
)

CREATE TYPE имя
```

Описание

`CREATE TYPE` регистрирует новый тип данных для использования в текущей базе данных. Владельцем типа становится создавший его пользователь.

Если указано имя схемы, тип создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме. Имя типа должно отличаться от имён любых других существующих типов или доменов в той же схеме. (А так как с таблицами связываются типы данных, имя типа должно также отличаться и от имён существующих таблиц в этой схеме.)

Команда `CREATE TYPE` имеет пять форм, показанных выше в сводке синтаксиса. Они создают соответственно *составной тип*, *перечисление*, *диапазон*, *базовый тип* или *тип-пустышку*. Первые четыре эти типа рассматриваются по порядку ниже. Тип-пустышка представляет собой просто заготовку для типа, который будет определён позже; он создаётся командой `CREATE TYPE` с одним именем, без параметров. Типы-пустышки необходимы для определения прямых ссылок при создании базовых типов и типов-диапазонов, как описывается в соответствующих разделах.

Составные типы

Первая форма `CREATE TYPE` создаёт составной тип. Составной тип задаётся списком имён и типами данных атрибутов. Если тип данных является сортируемым, то для атрибута можно также задать правило сортировки. Составной тип по сути не отличается от типа строки таблицы, но `CREATE TYPE` избавляет от необходимости создавать таблицу, когда всё, что нужно, это создать тип. Отдельный составной тип может быть полезен, например, для передачи аргументов или результатов функции.

Чтобы создать составной тип, необходимо иметь право `USAGE` для типов всех его атрибутов.

Типы перечислений

Вторая форма `CREATE TYPE` создаёт тип-перечисление (такие типы описываются в Разделе 8.7). Перечисления принимают список меток в кавычках. Максимальная длина каждой метки — `NAMEDATALEN` байт (64 байта в стандартной сборке PostgreSQL). (Также возможно создать перечисляемый тип без меток, но этот тип нельзя будет использовать для хранения значений, пока командой ALTER TYPE не будет добавлена хотя бы одна метка.)

Диапазонные типы

Третья форма `CREATE TYPE` создаёт тип-диапазон (такие типы описываются в Разделе 8.17).

Задаваемый для диапазона *подтип* может быть любым типом со связанным классом операторов B-дерева (что позволяет определить порядок значений в диапазоне). Обычно порядок элементов определяет класс операторов B-дерева по умолчанию, но его можно изменить, задав имя другого класса в параметре *класс_операторов_подтипа*. Если подтип поддерживает сортировку и требуется, чтобы значения упорядочивались с нестандартным правилом сортировки, его имя можно задать в параметре *правило_сортировки*.

Необязательная *функция_нормализации* должна принимать один аргумент определяемого типа диапазона и возвращать значение того же типа. Она используется для преобразования значений диапазона в нормализованную форму, когда это уместно. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.17.8. Создаётся *функция_нормализации* несколько нетривиально, так как она должна быть уже определена, прежде чем можно будет объявить тип-диапазон. Для этого нужно сначала создать тип-пустышку, который будет заготовкой типа, не имеющей никаких свойств, кроме имени и владельца. Это можно сделать, выполнив команду `CREATE TYPE` *имя* без дополнительных параметров. Затем можно объявить функцию, для которой тип-пустышка будет типом аргумента и результата, и, наконец, объявить тип-диапазон с тем же именем. При этом тип-пустышка автоматически заменится полноценным типом-диапазоном.

Необязательная *функция_разницы_подтипа* должна принимать в аргументах два значения типа *подтип* и возвращать значение `double precision`, представляющее разницу между двумя данными значениями. Хотя эту функцию можно не использовать, она позволяет кардинально увеличить эффективность индексов GiST для столбцов с типом-диапазоном. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.17.8.

Базовые типы

Четвёртая форма `CREATE TYPE` создаёт новый базовый тип (скалярный тип). Чтобы создать новый базовый тип, нужно быть суперпользователем. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение типа может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

Эти параметры могут перечисляться в любом порядке, не только в показанном выше, и большинство из них необязательные. Прежде чем создавать тип, необходимо зарегистрировать две или более функций (с помощью `CREATE FUNCTION`). Обязательными являются функции *функция_ввода* и *функция_вывода*, тогда как *функция_получения*, *функция_отправки*, *функция_модификатора_типа*, *функция_вывода_модификатора_типа* и *функция_анализа* могут отсутствовать. Обычно эти функции разрабатываются на C или другом низкоуровневом языке.

Функция_ввода преобразует внешнее текстовое представление типа во внутреннее, с которым работают операторы и функции, определённые для этого типа. *Функция_вывода* выполняет обратное преобразование. Функцию ввода можно объявить как принимающую один аргумент типа `cstring`, либо как принимающую три аргумента типов `cstring`, `oid` и `integer`. В первом аргументе передаётся вводимый текст в виде строки в стиле C, во втором аргументе — собственный OID типа (кроме типов массивов, для которых передаётся OID типа элемента), а в третьем — `модификатор_типа` для целевого столбца, если он определён (или -1 в противном случае). Функция ввода должна возвращать значение нового типа данных. Обычно функция ввода должна быть строгой (STRICT); если это не так, при получении на вход значения NULL она будет вызываться с первым параметром NULL. Функция может в этом случае сама вернуть NULL или вызвать ошибку. (Это полезно в основном для поддержки функций ввода доменных типов, которые не должны принимать данные NULL.) Функция вывода должна принимать один аргумент нового типа данных, а возвращать она должна `cstring`. Для значений NULL функции вывода не вызываются.

Необязательная *функция_получения* преобразует двоичное внешнее представление типа во внутреннее представление. Если эта функция отсутствует, новый тип не сможет участвовать в двоичном вводе. Двоичное представление следует выбирать таким, чтобы оно легко переводилось во внутреннюю форму и при этом было переносимым до разумной степени. (Например, для стандартных целочисленных типов данных во внешнем двоичном представлении выбран сетевой порядок байтов, тогда как внутреннее представление определяется порядком байтов в процессоре.) Функция получения должна выполнить проверку вводимого значения на допустимость. Функция получения может быть объявлена как принимающая один аргумент типа `internal`, либо как принимающая три аргумента типов `internal`, `oid` и `integer`. В первом аргументе передаётся указатель на буфер `StringInfo`, содержащий полученную байтовую строку, а дополнительные аргументы такие же, как и для функции ввода текста. Функция получения должна возвращать значение нового типа данных. Обычно функция получения должна быть строгой (STRICT); если это не так, при получении на вход значения NULL, она будет вызываться с первым параметром NULL. Функция может в этом случае сама вернуть NULL или вызывать ошибку. (Это полезно в основном для поддержки функций получения доменных типов, которые не должны принимать значения NULL.) Подобным образом, необязательная *функция_отправки* преобразует данные из внутреннего во внешнее двоичное представление. Если эта функция не определена, новый тип не может участвовать в двоичном выводе. Функция отправки должна принимать один аргумент нового типа данных, а возвращать она должна `bytea`. Для значений NULL функции отправки не вызываются.

Здесь у вас может возникнуть вопрос, как функции ввода и вывода могут быть объявлены принимающими или возвращающими значения нового типа, если они должны быть созданы до объявления нового типа. Ответ довольно прост: сначала нужно создать *тип-пустышку*, который будет заготовкой типа, не имеющей никаких свойств, кроме имени и владельца. Это можно сделать, выполнив команду `CREATE TYPE` *имя* без дополнительных параметров. Затем можно будет определить функции ввода/вывода на C, ссылающиеся на этот тип. И наконец, команда `CREATE TYPE` с полным определением заменит тип-пустышку окончательным и полноценным определением, после чего новый тип можно будет использовать как обычно.

Необязательные *функция_ввода_модификатора_типа* и *функция_вывода_модификатора_типа* требуются, только если типы поддерживают модификаторы, или, другими словами, дополнительные ограничения, связываемые с объявлением типа, например `char(5)` или `numeric(30,2)`. В PostgreSQL типы могут принимать в качестве модификаторов одну или несколько простых констант или идентификаторов. Однако эти данные должны упаковываться в единственное неотрицательное целочисленное значение, которое и будет храниться в системных каталогах. *Функция_ввода_модификатора_типа* получает объявленные модификаторы в виде строки `cstring`. Она должна проверить значения на допустимость (и вызвать ошибку, если они неверны), а затем выдать неотрицательное значение `integer`, которое будет сохранено в столбце «typmod». Если для типа не определена *функция_ввода_модификатора_типа*, модификаторы типа приниматься не будут. *Функция_вывода_модификатора_типа* преобразует внутреннее целочисленное значение typmod обратно, в форму, понятную пользователю. Она должна вернуть значение `cstring`, которое именно в этом виде будет добавлено к имени типа; например, функция для `numeric` должна вернуть `(30,2)`. *Функция_вывода_модификатора_типа* может быть опущена, в этом случае сохранённое целочисленное значение typmod по умолчанию будет выводиться просто в виде числа, заключённого в скобки.

Необязательная *функция_анализа* выполняет сбор специфической для этого типа статистики в столбцах с таким типом данных. По умолчанию `ANALYZE` пытается собрать статистику, используя операторы «равно» и «меньше», если для этого типа определён класс операторов B-дерева по умолчанию. Для нескалярных типов это поведение скорее всего не подойдёт, поэтому его можно переопределить, задав собственную функцию анализа. Эта функция должна принимать единственный аргумент типа `internal` и возвращать результат `boolean`. Более глубоко API функций анализа описан в `src/include/commands/vacuum.h`.

Если особенности внутреннего представления нового типа известны функциям ввода/вывода и другим функциям, созданным специально для работы с этим типом, необходимо определить ряд характеристик внутреннего представления, о которых должен знать PostgreSQL. В первую очередь это *internallength* (внутренняя длина). Если базовый тип данных имеет фиксированную длину, в *internallength* указывается эта длина в виде положительного числа, а если длина переменная, в *internallength* задаётся значение `VARIABLE`. (Внутри при этом `typlen` принимает значение -1.) Внутреннее представление всех типов переменной длины должно начинаться с 4-байтового целого, задающего общую длину значения этого типа. (Заметьте, что поле длины часто кодируется, как описано в Разделе 69.2; обращаться к нему напрямую неразумно.)

Необязательный флаг `PASSEDBYVALUE` указывает, что значения этого типа данных передаются по значению, а не по ссылке. Типы, передаваемые по значению, должны быть фиксированной длины и их внутреннее представление не может быть больше размера типа `Datum` (4 байта на одних машинах, 8 — на других).

Параметр *выравнивание* определяет, как требуется выравнивать данные этого типа. Допускается выравнивание по границам 1, 2, 4 или 8 байт. Заметьте, что типы переменной длины должны быть выровнены как минимум по границе 4 байт, так как их первым компонентом обязательно должен быть `int4`.

Параметр *хранение* позволяет выбрать стратегию хранения для типов данных переменной длины. (Для типов с фиксированной длиной поддерживается только вариант `plain`.) Если выбрана стратегия `plain`, данные этого типа всегда хранятся внутри, без сжатия. Со стратегией `extended` система сначала попытается сжать большое значение, а затем выносит его из строки основной таблицы, если оно всё же окажется слишком большим. С `external` значение может быть вынесено из основной таблицы, но система не будет пытаться сжать его. Стратегия `main` позволяет сжать данные, но не стремится вынести их из основной таблицы. (Элементы данных с этой стратегией хранения тем не менее могут быть вынесены из основной таблицы, если другого способа уместить их в строке нет, но всё же она отдаёт большее предпочтение основной таблице, по сравнению со стратегиями `extended` и `external`.)

Значения параметра *хранение*, отличные от `plain`, подразумевают, что функции типа данных могут принимать значения в формате *toast*, описанном в Разделе 69.2 и Подразделе 37.13.1. Эти значения просто определяют стратегию хранения TOAST по умолчанию для столбцов отделяемого в TOAST типа данных; пользователи могут выбирать другие стратегии для отдельных столбцов, применяя команду `ALTER TABLE SET STORAGE`.

Параметр *тип_образец* позволяет задать основные свойства представления типа другим способом: скопировать их из существующего типа. В частности, из указанного типа будут скопированы свойства *internallength*, *passedbyvalue*, *alignment* и *storage*. (Также возможно, хотя обычно это не требуется, переопределить некоторые из этих значений, указав их вместе с предложением `LIKE`.) Определять представление типа таким образом особенно удобно, когда низкоуровневая реализация нового типа некоторым образом опирается на существующий тип.

Параметры *категория* и *предпочитаемый* позволяют определять, какое неявное приведение будет применяться в неоднозначных ситуациях. Каждый тип данных принадлежит к некоторой категории, обозначаемой одним символом ASCII, при этом он может быть, либо не быть «предпочитаемым» в этой категории. Анализатор запроса по возможности выберет приведение к предпочитаемому типу (но только среди других типов той же категории), когда это может помочь разрешить имя перегруженной функции или оператора. За дополнительными подробностями обратитесь к

Главе 10. Если для типа не определено неявное приведение к какому-либо другому типу или обратное, для этих параметров достаточно оставить значения по умолчанию. Однако если есть группа связанных типов, для которых определены неявные приведения, часто бывает полезно пометить их все как принадлежащие некоторой категории и назначить один или два «наиболее общих» предпочитаемыми в этой категории. Параметр *категория* особенно полезен при добавлении типа, определённого пользователем, в существующую встроенную категорию, например, в категорию числовых или строковых типов. Однако так же возможно создать категории типов, полностью определённые пользователем. В качестве имени такой категории можно выбрать любой ASCII-символ, кроме латинской заглавной буквы.

Если пользователь хочет назначить столбцам с этим типом данных значение по умолчанию, отличное от NULL, он может задать его в этой команде, указав его после ключевого слова `DEFAULT`. (Такое значение по умолчанию можно переопределить явным предложением `DEFAULT`, добавленным при создании столбца.)

Чтобы обозначить, что тип является массивом, укажите тип элементов массива, добавив ключевое слово `ELEMENT`. Например, чтобы определить массив из четырёхбайтовых целых (`int4`), укажите `ELEMENT = int4`. Дополнительные сведения о типах массивов приведены ниже.

Параметр *delimiter* позволяет задать разделитель, который будет вставляться между значениями во внешнем представлении массива с элементами этого типа. По умолчанию разделителем является запятая (`,`). Заметьте, что разделитель связывается с типом элементов массива, а не с типом самого массива.

Если необязательный логический параметр *сортируемый* равен true, определения столбцов и выражения с этим типом могут включать указания о порядке сортировки, в предложении `COLLATE`. Как именно будут использоваться эти указания, зависит от реализации функций, работающих с этим типом; эти указания не действуют автоматически просто от того, что тип помечен как сортируемый.

Типы массивов

При создании любого нового типа PostgreSQL автоматически создаёт соответствующий тип массива, имя которого он получает, добавляя подчёркивание перед именем типа элементов. Если полученное имя оказывается не короче `NAMEDATALEN` байт, оно усекается. (Если полученное таким образом имя конфликтует с именем уже существующего типа, процесс повторяется, пока не будет получено уникальное имя.) Этот неявно создаваемый тип массива имеет переменную длину и использует встроенные функции ввода и вывода `array_in` и `array_out`. Тип массива отражает любые изменения владельца или схемы связанного типа элемента и удаляется сам при удалении типа элемента.

Вы можете вполне резонно спросить, зачем нужен параметр `ELEMENT`, если система создаёт правильный тип массива автоматически. Единственный случай, когда параметр `ELEMENT` может быть полезен, это когда вы создаёте тип фиксированной длины, который внутри оказывается массивом одинаковых элементов, и вы хотите, чтобы к этим элементам можно было обращаться по индексу, помимо того, что вы можете реализовать какие угодно операции с типом в целом. Например, тип `point` представлен просто как два числа с плавающей точкой, к которым можно обратиться так: `point[0]` и `point[1]`. Заметьте, что это работает только с типами фиксированной длины, которые представляют собой в точности последовательность одинаковых полей фиксированной длины. Тип массива переменной длины должен иметь обобщённое внутреннее представление, с которым умеют работать `array_in` и `array_out`. По историческим причинам (т. е. это определённо некорректно, но менять уже слишком поздно), индексы в массивах фиксированной длины начинаются с нуля, а не с 1, как в массивах переменной длины.

Параметры

имя

Имя создаваемого типа (возможно, дополненное схемой).

имя_атрибута

Имя атрибута (столбца) составного типа.

тип_данных

Имя существующего типа данных, который станет типом столбца составного типа.

правило_сортировки

Имя существующего правила сортировки, связываемого со столбцом составного типа или с типом-диапазоном.

метка

Строковая константа, представляющая текстовую метку, связанную с отдельным значением типа-перечисления.

подтип

Имя типа элемента, множество значений которого будет представлять тип-диапазон.

класс_оператора_подтипа

Имя класса операторов B-дерева для подтипа.

функция_нормализации

Имя функции нормализации для типа-диапазона.

функция_разницы_подтипа

Имя функции разницы для значений подтипа.

функция_ввода

Имя функции, преобразующей данные из внешнего текстового представления типа во внутреннюю форму.

функция_вывода

Имя функции, преобразующей данные из внутренней формы во внешнее текстовое представление типа.

функция_получения

Имя функции, преобразующей данные из внешнего двоичного представления типа во внутреннюю форму.

функция_отправки

Имя функции, преобразующей данные из внутренней формы во внешнее двоичное представление типа.

функция_ввода_модификатора_типа

Имя функции, преобразующей массив модификаторов типа во внутреннюю форму.

функция_вывода_модификатора_типа

Имя функции, преобразующей внутреннюю форму модификаторов типа во внешнее текстовое представление.

функция_анализа

Имя функции, производящей статистический анализ типа данных.

внутр_длина

Числовая константа, задающая размер внутреннего представления нового типа в байтах. По умолчанию предполагается, что тип имеет переменную длину.

выравнивание

Требуемое выравнивание для типа данных. Допустимые значения этого параметра, если он указывается: `char`, `int2`, `int4` или `double`; по умолчанию подразумевается `int4`.

хранение

Стратегия хранения для типа данных. Допустимые значения этого параметра, если он указывается: `plain`, `external`, `extended` или `main`; по умолчанию подразумевается `plain`.

тип_образец

Имя существующего типа данных, от которого новый тип получит свойства представления. Из этого типа будут скопированы значения параметров *internallength*, *passedbyvalue*, *alignment* и *storage*, если их не переопределят явные указания, заданные дополнительно в этой команде `CREATE TYPE`.

категория

Код категории (один символ ASCII) для этого типа. По умолчанию подразумевается `'U'` (что означает пользовательский тип, «User-defined»). Коды других стандартных категорий можно найти в Таблице 51.63. Для нестандартных категорий можно выбрать другие ASCII-символы.

предпочитаемый

Если значение этого параметра равно true, создаваемый тип будет предпочитаемым в своей категории. По умолчанию подразумевается false. Будьте очень осторожны, создавая новый предпочитаемый тип в существующей категории, так как это может поменять поведение выражений неожиданным образом.

default

Значение по умолчанию для создаваемого типа данных. Если не указано, значением по умолчанию будет NULL.

элемент

Создаваемый тип будет массивом; этот параметр определяет тип элементов массива.

разделитель

Символ, разделяющий значения в массивах, образованных из значений создаваемого типа.

сортируемый

Если значение этого параметра равно true, в операциях с создаваемым типом может учитываться информация о правилах сортировки. По умолчанию подразумевается false.

Примечания

Так как на использование типа данных после создания не накладываются ограничения, объявление базового типа или типа-диапазона по сути даёт всем право на выполнение функций, упомянутых в определении типа. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в определении типов. Но прежде чем создать тип, преобразование которого во внешнюю форму и обратно будет использовать «секретную» информацию, стоит подумать дважды.

В PostgreSQL до версии 8.3 имя генерируемого типа-массива всегда образовалось из имени типа элемента и добавленного спереди символа подчёркивания (_). (Таким образом, допустимая максимальная длина имени типа была на символ меньше, чем длины других имён.) Хотя и сейчас имя типа массива чаще всего образуется таким образом, оно может быть и другим в случае достижения максимальной длины или конфликтов с именами пользовательских типов, начинающихся с подчёркивания. Поэтому полагаться на это соглашение в коде не рекомендуется. Вместо этого, имя типа массива, связанного с данным типом, следует определять по значению `pg_type.typarray`.

Вообще же можно посоветовать не использовать имена типов и таблиц, начинающиеся с подчёркивания. Хотя сервер сможет сгенерировать другое имя, не конфликтующее с пользовательским, некоторая путаница всё же возможна, особенно со старыми клиентскими приложениями, которые могут полагать, что имя типа, начинающееся с подчёркивания, всегда относится к типу массива.

В PostgreSQL до версии 8.2 у `CREATE TYPE` *`name`* отсутствовала форма для создания типа-пустышки. Поэтому для создания нового базового типа требовалось сначала создать функцию ввода. При таком подходе PostgreSQL воспринимал тип возврата функции ввода как имя нового типа данных и неявно создавал тип-пустышку, на который затем можно было ссылаться в определениях остальных функций ввода/вывода. Этот подход по-прежнему работает, но считается устаревшим и может быть запрещён в будущих версиях. Кроме того, во избежание непреднамеренного заполнения каталогов типами-пустышками, появляющимися в результате простых опечаток в определении функций, тип-пустышка будет создаваться таким образом, только если функция ввода написана на C.

Примеры

В этом примере создаётся составной тип, а затем он используется в определении функции:

```
CREATE TYPE compfoo AS (f1 int, f2 text);

CREATE FUNCTION getfoo() RETURNS SETOF compfoo AS $$
    SELECT fooid, fooname FROM foo
$$ LANGUAGE SQL;
```

В этом примере создаётся тип-перечисление, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE bug_status AS ENUM ('new', 'open', 'closed');

CREATE TABLE bug (
    id serial,
    description text,
    status bug_status
);
```

В этом примере создаётся тип-диапазон:

```
CREATE TYPE float8_range AS RANGE (subtype = float8, subtype_diff = float8mi);
```

В следующем примере создаётся базовый тип данных `box`, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE box;

CREATE FUNCTION my_box_in_function(cstring) RETURNS box AS ... ;
CREATE FUNCTION my_box_out_function(box) RETURNS cstring AS ... ;

CREATE TYPE box (
    INTERNALLENGTH = 16,
    INPUT = my_box_in_function,
    OUTPUT = my_box_out_function
);

CREATE TABLE myboxes (
    id integer,
    description box
);
```

Если бы внутренней структурой `box` был массив из четырёх элементов `float4`, вместо этого можно было бы использовать определение:

```
CREATE TYPE box (
    INTERNALLENGTH = 16,
    INPUT = my_box_in_function,
    OUTPUT = my_box_out_function,
    ELEMENT = float4
);
```

В таком случае к числам, составляющим значение этого типа, можно было бы обращаться по индексу. В остальном поведение этого типа будет таким же.

В этом примере создаётся тип большого объекта, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE bigobj (
    INPUT = lo_filein, OUTPUT = lo_fileout,
    INTERNALLENGTH = VARIABLE
);
CREATE TABLE big_objs (
    id integer,
    obj bigobj
);
```

Другие примеры, в том числе демонстрирующие подходящие функции ввода/вывода, можно найти в Разделе 37.13.

Совместимость

Первая форма команды `CREATE TYPE`, создающая составной тип, соответствует стандарту SQL. Другие формы являются расширениями PostgreSQL. Для оператора `CREATE TYPE` в стандарте SQL также определены другие формы, не реализованные в PostgreSQL.

Возможность создавать составной тип без атрибутов — специфическое отклонение PostgreSQL от стандарта (как и аналогичная особенность команды `CREATE TABLE`).

См. также

ALTER TYPE, CREATE DOMAIN, CREATE FUNCTION, DROP TYPE

CREATE USER

CREATE USER — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE USER имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]

Здесь параметр:

      SUPERUSER | NOSUPERUSER
    | CREATEDB | NOCREATEDB
    | CREATEROLE | NOCREATEROLE
    | INHERIT | NOINHERIT
    | LOGIN | NOLOGIN
    | REPLICATION | NOREPLICATION
    | BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
    | CONNECTION LIMIT предел_подключений
    | [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль' | PASSWORD NULL
    | VALID UNTIL 'дата_время'
    | IN ROLE имя_роли [, ...]
    | IN GROUP имя_роли [, ...]
    | ROLE имя_роли [, ...]
    | ADMIN имя_роли [, ...]
    | USER имя_роли [, ...]
    | SYSID uid
```

Описание

Команда `CREATE USER` теперь является просто синонимом CREATE ROLE. Единственное отличие в том, что для команды, записанной в виде `CREATE USER`, по умолчанию подразумевается `LOGIN`, а в виде `CREATE ROLE` подразумевается `NOLOGIN`.

Совместимость

Оператор `CREATE USER` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

CREATE ROLE

CREATE USER MAPPING

CREATE USER MAPPING — создать сопоставление пользователя для стороннего сервера

Синтаксис

```
CREATE USER MAPPING [ IF NOT EXISTS ] FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER |
 PUBLIC }
    SERVER имя_сервера
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [ , ... ] ) ]
```

Описание

`CREATE USER MAPPING` создаёт сопоставление пользователя на внешнем сервере. Сопоставление пользователя обычно содержит информацию о подключении, которую будет использовать обёртка сторонних данных вместе с информацией о стороннем сервере для получения доступа к внешнему ресурсу.

Владелец стороннего сервера может создать сопоставление для любых пользователей на этом сервере. Кроме того, пользователь может создать сопоставление для своего собственного имени пользователя, если он наделён правом `USAGE` на данном сервере.

Параметры

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если сопоставление данного пользователя для данного стороннего сервера уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее сопоставление как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

`имя_пользователя`

Имя существующего пользователя, для которого создаётся сопоставление на стороннем сервере. Ключевые слова `CURRENT_USER` и `USER` обозначают имя текущего пользователя. Если указывается `PUBLIC`, создаётся так называемое общее сопоставление, которое будет использоваться при отсутствии сопоставления для конкретного пользователя.

`имя_сервера`

Имя существующего сервера, для которого создаётся сопоставление пользователя.

`OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] )`

В этом предложении задаются параметры сопоставления. Эти параметры обычно определяют фактическое имя и пароль пользователя на целевом сервере. Имена параметров должны быть уникальными. Набор допустимых имён и значений параметров определяется обёрткой сторонних данных внешнего сервера.

Примеры

Создание сопоставления для пользователя `bob` на сервере `foo`:

```
CREATE USER MAPPING FOR bob SERVER foo OPTIONS (user 'bob', password 'secret');
```

Совместимость

`CREATE USER MAPPING` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED).

См. также

ALTER USER MAPPING, DROP USER MAPPING, CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE SERVER

CREATE VIEW

CREATE VIEW — создать представление

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] [ TEMP | TEMPORARY ] [ RECURSIVE ] VIEW имя [ ( имя_столбца
 [, ...] ) ]
    [ WITH ( имя_параметра_представления [= значение_параметра_представления]
 [, ... ] ) ]
    AS query
    [ WITH [ CASCADED | LOCAL ] CHECK OPTION ]
```

Описание

`CREATE VIEW` создаёт представление запроса. Создаваемое представление лишено физической материализации, поэтому указанный запрос будет выполняться при каждом обращении к представлению.

Команда `CREATE OR REPLACE VIEW` действует подобным образом, но если представление с этим именем уже существует, оно заменяется. Новый запрос должен выдавать те же столбцы, что выдавал запрос, ранее определённый для этого представления (то есть, столбцы с такими же именами должны иметь те же типы данных и следовать в том же порядке), но может добавить несколько новых столбцов в конце списка. Вычисления, в результате которых формируются столбцы представления, могут быть совершенно другими.

Если задано имя схемы (например, `CREATE VIEW myschema.myview ...`), представление создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Временные представления существуют в специальной схеме, так что при создании таких представлений имя схемы задать нельзя. Имя представления должно отличаться от имён других представлений, таблиц, последовательностей, индексов или сторонних таблиц в этой схеме.

Параметры

`TEMPORARY` или `TEMP`

С таким указанием представление создаётся как временное. Временные представления автоматически удаляются в конце сеанса. Существующее постоянное представление с тем же именем не будет видно в текущем сеансе, пока существует временное, однако к нему можно обратиться, дополнив имя указанием схемы.

Если в определении представления задействованы временные таблицы, представление так же создаётся как временное (вне зависимости от присутствия явного указания `TEMPORARY`).

`RECURSIVE`

Создаёт рекурсивное представление. Синтаксис

```
CREATE RECURSIVE VIEW [ схема . ] имя (имена_столбцов) AS SELECT ...;
```

равнозначен

```
CREATE VIEW [ схема . ] имя AS WITH RECURSIVE имя (имена_столбцов) AS (SELECT ...)
 SELECT имена_столбцов FROM имя;
```

Для рекурсивного представления обязательно должен задаваться список с именами столбцов.

имя

Имя создаваемого представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Необязательный список имён, назначаемых столбцам представления. Если отсутствует, имена столбцов формируются из результатов запроса.

`WITH ( имя_параметра_представления [= значение_параметра_представления] [, ... ] )`

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры представления:

`check_option` (enum)

Этот параметр может принимать значение `local` (локально) или `cascaded` (каскадно) и равнозначен указанию `WITH [ CASCADED | LOCAL ] CHECK OPTION` (см. ниже). Изменить этот параметр у существующего представления можно с помощью ALTER VIEW.

`security_barrier` (boolean)

Этот параметр следует использовать, если представление должно обеспечивать защиту на уровне строк. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 40.5.

query

Команда SELECT или VALUES, которая выдаёт столбцы и строки представления.

`WITH [ CASCADED | LOCAL ] CHECK OPTION`

Это указание управляет поведением автоматически изменяемых представлений. Если оно присутствует, при выполнении операций `INSERT` и `UPDATE` с этим представлением будет проверяться, удовлетворяют ли новые строки условию, определяющему представление (то есть, проверяется, будут ли новые строки видны через это представление). Если они не удовлетворяют условию, операция не будет выполнена. Если указание `CHECK OPTION` отсутствует, команды `INSERT` и `UPDATE` смогут создавать в этом представлении строки, которые не будут видны в нём. Поддерживаются следующие варианты проверки:

`LOCAL`

Новые строки проверяются только по условиям, определённым непосредственно в самом представлении. Любые условия, определённые в нижележащих базовых представлениях, не проверяются (если только в них нет указания `CHECK OPTION`).

`CASCADED`

Новые строки проверяются по условиям данного представления и всех нижележащих базовых. Если указано `CHECK OPTION`, а `LOCAL` и `CASCADED` опущено, подразумевается указание `CASCADED`.

Указание `CHECK OPTION` нельзя использовать с рекурсивными представлениями.

Заметьте, что `CHECK OPTION` поддерживается только для автоматически изменяемых представлений, не имеющих триггеров `INSTEAD OF` и правил `INSTEAD`. Если автоматически изменяемое представление определено поверх базового представления с триггерами `INSTEAD OF`, то для проверки ограничений автоматически изменяемого представления можно применить указание `LOCAL CHECK OPTION`, хотя условия базового представления с триггерами `INSTEAD OF` при этом проверяться не будут (каскадная проверка не будет спускаться к представлению, модифицируемому триггером, и любые параметры проверки, определённые для такого представления, будут просто игнорироваться). Если для представления или любого из его базовых отношений определено правило `INSTEAD`, приводящее к перезаписи команды `INSERT` или `UPDATE`, в перезаписанном запросе все параметры проверки будут игнорироваться, в том числе проверки автоматически изменяемых представлений, определённых поверх отношений с правилом `INSTEAD`.

Примечания

Для удаления представлений применяется оператор DROP VIEW.

Позаботьтесь о том, чтобы столбцы представления получили желаемые имена и типы. Например, такая команда:

```
CREATE VIEW vista AS SELECT 'Hello World';
```

плоха тем, что именем столбца по умолчанию будет `?column?`, а типом данных — `text`; и это может быть не совсем то, чего вы хотите. Лучше записывать строковую константу в результате представления примерно так:

```
CREATE VIEW vista AS SELECT text 'Hello World' AS hello;
```

Доступ к таблицам, задействованным в представлении, определяется правами владельца представления. В некоторых случаях это позволяет организовать безопасный, но ограниченный доступ к нижележащим таблицам. Однако учтите, что не все представления могут быть защищёнными; за подробностями обратитесь к Разделу 40.5. Функции, вызываемые в представлении, выполняются так, как будто они вызываются непосредственно из запроса, обращающегося к представлению. Поэтому пользователь представления должен иметь все права, необходимые для вызова всех функций, задействованных в представлении.

При выполнении `CREATE OR REPLACE VIEW` для существующего представления меняется только правило SELECT, определяющее представление. Другие свойства представления, включая владельца, права и правила, кроме SELECT, остаются неизменными. Чтобы изменить определение представления, необходимо быть его владельцем (или членом роли-владельца).

Изменяемые представления

Простые представления становятся изменяемыми автоматически: система позволит выполнять команды `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` с таким представлением так же, как и с обычной таблицей. Представление будет автоматически изменяемым, если оно удовлетворяют одновременно всем следующим условиям:

- Список `FROM` в запросе, определяющем представлении, должен содержать ровно один элемент, и это должна быть таблица или другое изменяемое представление.
- Определение представления не должно содержать предложения `WITH`, `DISTINCT`, `GROUP BY`, `HAVING`, `LIMIT` и `OFFSET` на верхнем уровне запроса.
- Определение представления не должно содержать операции с множествами (`UNION`, `INTERSECT` и `EXCEPT`) на верхнем уровне запроса.
- Список выборки в запросе не должен содержать агрегатные и оконные функции, а также функции, возвращающие множества.

Автоматически обновляемое представление может содержать как изменяемые, так и не изменяемые столбцы. Столбец будет изменяемым, если это простая ссылка на изменяемый столбец нижележащего базового отношения; в противном случае этот столбец будет доступен только для чтения, и если команда `INSERT` или `UPDATE` попытается записать значение в него, возникнет ошибка.

Если представление автоматически изменяемое, система будет преобразовывать обращающиеся к нему операторы `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` в соответствующие операторы, обращающиеся к нижележащему базовому отношению. При этом в полной мере поддерживаются операторы `INSERT` с предложением `ON CONFLICT UPDATE`.

Если автоматически изменяемое представление содержит условие `WHERE`, это условие ограничивает набор строк, которые могут быть изменены командой `UPDATE` и удалены командой `DELETE` в этом представлении. Однако `UPDATE` может изменить строку так, что она больше не будет соответствовать условию `WHERE` и, как следствие, больше не будет видна через представление. Команда `INSERT` подобным образом может вставить в базовое отношение строки, которые не удовлетворят условию `WHERE` и поэтому не будут видны через представление (`ON CONFLICT UPDATE` может подобным образом воздействовать на существующую строку, не видимую через представление). Чтобы запретить командам `INSERT` и `UPDATE` создавать такие строки, которые не видны через представление, можно воспользоваться указанием `CHECK OPTION`.

Если автоматически изменяемое представление имеет свойство security_barrier (барьер безопасности), то все условия WHERE этого представления (и все условия с герметичными операторами (LEAKPROOF)) будут всегда вычисляться перед условиями, добавленными пользователем представления. За подробностями обратитесь к Разделу 40.5. Заметьте, что по этой причине строки, которые в конце концов не были выданы (потому что не прошли проверку в пользовательском условии WHERE), могут всё же остаться заблокированными. Чтобы определить, какие условия применяются на уровне отношения (и, как следствие, избавляют часть строк от блокировки), можно воспользоваться командой EXPLAIN.

Более сложные представления, не удовлетворяющие этим условиям, по умолчанию доступны только для чтения: система не позволит выполнить операции добавления, изменения или удаления строк в таком представлении. Создать эффект изменяемого представления для них можно, определив триггеры INSTEAD OF, которые будут преобразовывать запросы на изменение данных в соответствующие действия с другими таблицами. За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE TRIGGER. Так же есть возможность создавать правила (см. CREATE RULE), но на практике триггеры проще для понимания и применения.

Учтите, что пользователь, выполняющий операции добавления, изменения или удаления данных в представлении, должен иметь соответствующие права для этого представления. Кроме того, владелец представления должен иметь сопутствующие права в нижележащих базовых отношениях, хотя пользователь, собственно выполняющий эти операции, может этих прав не иметь (см. Раздел 40.5).

Примеры

Создание представления, содержащего все комедийные фильмы:

```
CREATE VIEW comedies AS
    SELECT *
    FROM films
    WHERE kind = 'Comedy';
```

Эта команда создаст представление со столбцами, которые содержались в таблице film в момент выполнения команды. Хотя при создании представления было указано *, столбцы, добавляемые в таблицу позже, частью представления не будут.

Создание представления с указанием LOCAL CHECK OPTION:

```
CREATE VIEW universal_comedies AS
    SELECT *
    FROM comedies
    WHERE classification = 'U'
    WITH LOCAL CHECK OPTION;
```

Эта команда создаст представление на базе представления comedies, выдающее только комедии (kind = 'Comedy') универсальной возрастной категории classification = 'U'. Любая попытка выполнить в представлении INSERT или UPDATE со строкой, не удовлетворяющей условию classification = 'U', будет отвергнута, но ограничение по полю kind (тип фильма) проверяться не будет.

Создание представления с указанием CASCADED CHECK OPTION:

```
CREATE VIEW pg_comedies AS
    SELECT *
    FROM comedies
    WHERE classification = 'PG'
    WITH CASCADED CHECK OPTION;
```

Это представление будет проверять, удовлетворяют ли новые строки обоим условиям: по столбцу kind и по столбцу classification.

Создание представления с изменяемыми и неизменяемыми столбцами:

```
CREATE VIEW comedies AS
    SELECT f.*,
           country_code_to_name(f.country_code) AS country,
           (SELECT avg(r.rating)
            FROM user_ratings r
            WHERE r.film_id = f.id) AS avg_rating
    FROM films f
    WHERE f.kind = 'Comedy';
```

Это представление будет поддерживать операции `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Изменяемыми будут все столбцы из таблицы `films`, тогда как вычисляемые столбцы `country` и `avg_rating` будут доступны только для чтения.

Создание рекурсивного представления, содержащего числа от 1 до 100:

```
CREATE RECURSIVE VIEW public.nums_1_100 (n) AS
    VALUES (1)
UNION ALL
    SELECT n+1 FROM nums_1_100 WHERE n < 100;
```

Заметьте, что несмотря на то, что имя рекурсивного представления дополнено схемой в этой команде `CREATE`, внутренняя ссылка представления на себя же схемой не дополняется. Это связано с тем, что имя неявно создаваемого CTE не может дополняться схемой.

Совместимость

Команда `CREATE OR REPLACE VIEW` — языковое расширение PostgreSQL. Так же расширением является предложение `WITH ( ... )` и концепция временного представления.

См. также

ALTER VIEW, DROP VIEW, CREATE MATERIALIZED VIEW

DEALLOCATE

DEALLOCATE — освободить подготовленный оператор

Синтаксис

```
DEALLOCATE [ PREPARE ] { имя | ALL }
```

Описание

`DEALLOCATE` применяется для освобождения ранее подготовленного оператора SQL. Если не освободить подготовленный оператор явно, он будет освобождён при завершении сеанса.

За дополнительными сведениями о подготовленных операторах обратитесь к PREPARE.

Параметры

`PREPARE`

Это ключевое слово игнорируется.

`имя`

Имя подготовленного оператора, подлежащего освобождению.

`ALL`

Освобождает все подготовленные операторы.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор `DEALLOCATE`, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL.

См. также

EXECUTE, PREPARE

DECLARE

DECLARE — определить курсор

Синтаксис

```
DECLARE имя [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ]
    CURSOR [ { WITH | WITHOUT } HOLD ] FOR query
```

Описание

Оператор `DECLARE` позволяет пользователю создавать курсоры, с помощью которых можно выбирать по очереди некоторое количество строк из результата большого запроса. Когда курсор создан, через него можно получать строки, применяя команду FETCH.

> **Примечание**
>
> На этой странице описывается применение курсоров на уровне команд SQL. Если вы попытаетесь использовать курсоры внутри функции PL/pgSQL, правила будут другими — см. Раздел 42.7.

Параметры

имя

Имя создаваемого курсора.

`BINARY`

Курсор с таким свойством возвращает данные в двоичном, а не текстовом формате.

`INSENSITIVE`

Указывает, что данные, считываемые из курсора, не должны зависеть от изменений, которые могут происходить в нижележащих таблицах после создания курсора. В PostgreSQL это поведение подразумевается по умолчанию, так что это ключевое слово ни на что не влияет и принимается только для совместимости со стандартом SQL.

`SCROLL`
`NO SCROLL`

Указание `SCROLL` определяет, что курсор может прокручивать набор данных и получать строки непоследовательно (например, в обратном порядке). В зависимости от сложности плана запроса указание `SCROLL` может отрицательно отразиться на скорости выполнения запроса. Указание `NO SCROLL`, напротив, определяет, что через курсор нельзя будет получать строки в произвольном порядке. По умолчанию прокрутка в некоторых случаях разрешается; но это не равнозначно эффекту указания `SCROLL`. За подробностями обратитесь к разделу Замечания.

`WITH HOLD`
`WITHOUT HOLD`

Указание `WITH HOLD` определяет, что курсор можно продолжать использовать после успешной фиксации создавшей его транзакции. `WITHOUT HOLD` определяет, что курсор нельзя будет использовать за рамками транзакции, создавшей его. Если не указано ни `WITHOUT HOLD`, ни `WITH HOLD`, по умолчанию подразумевается `WITHOUT HOLD`.

query

Команда SELECT или VALUES, выдающая строки, которые будут получены через курсор.

Ключевые слова BINARY, INSENSITIVE и SCROLL могут указываться в любом порядке.

Замечания

Обычный курсор выдаёт данные в текстовом виде, в каком их выдаёт SELECT. Однако с указанием BINARY курсор может выдавать их и в двоичном формате. Это упрощает операции преобразования данных для сервера и клиента, за счёт дополнительных усилий, требующихся от программиста для работы с платформозависимыми двоичными форматами. Например, если запрос получает значение 1 из целочисленного столбца, обычный курсор выдаст строку, содержащую 1, тогда как через двоичный курсор будет получено четырёхбайтовое поле, содержащее внутреннее представление значения (с сетевым порядком байтов).

Двоичные курсоры должны применяться с осмотрительностью. Многие приложения, в том числе psql, не приспособлены к работе с двоичными курсорами и ожидают, что данные будут поступать в текстовом формате.

> **Примечание**
>
> Когда клиентское приложение выполняет команду FETCH, используя «расширенный» протокол запросов, в сообщении Bind этого протокола указывается, в каком формате, текстовом или двоичном, должны быть получены данные. Это указание переопределяет свойство курсора, заданное в его объявлении. Таким образом, концепция курсора, объявляемого двоичным, становится устаревшей при использовании расширенного протокола запросов — любой курсор может быть прочитан как текстовый или двоичный.

Если в команде объявления курсора не указано WITH HOLD, созданный ей курсор может использоваться только в текущей транзакции. Таким образом, оператор DECLARE без WITH HOLD бесполезен вне блока транзакции: курсор будет существовать только до завершения этого оператора. Поэтому PostgreSQL сообщает об ошибке, если такая команда выполняется вне блока транзакции. Чтобы определить блок транзакции, примените команды BEGIN и COMMIT (или ROLLBACK).

Если в объявлении курсора указано WITH HOLD и транзакция, создавшая курсор, успешно фиксируется, к этому курсору могут продолжать обращаться последующие транзакции в этом сеансе. (Но если создавшая курсор транзакция прерывается, курсор уничтожается.) Курсор со свойством WITH HOLD (удерживаемый) может быть закрыт явно, командой CLOSE, либо неявно, по завершении сеанса. В текущей реализации строки, представляемые удерживаемым курсором, копируются во временный файл или в область памяти, так что они остаются доступными для следующих транзакций.

Объявить курсор со свойством WITH HOLD можно, только если запрос не содержит указаний FOR UPDATE и FOR SHARE.

Указание SCROLL добавляется при определении курсора, который будет выбирать данные в обратном порядке. Это поведение требуется стандартом SQL. Однако для совместимости с предыдущими версиями, PostgreSQL допускает выборку в обратном направлении и без указания SCROLL, если план запроса курсора достаточно прост, чтобы реализовать прокрутку назад без дополнительных операций. Тем не менее разработчикам приложений не следует рассчитывать на то, что курсор, созданный без указания SCROLL, можно будет прокручивать назад. С указанием NO SCROLL прокрутка назад запрещается в любом случае.

Выборка в обратном направлении также запрещается, если запрос содержит указания FOR UPDATE и FOR SHARE; в этом случае указание SCROLL не принимается.

> **Внимание**
>
> Прокручиваемые курсоры могут выдавать неожиданные результаты, если они вызывают изменчивые функции (см. Раздел 37.7). Когда повторно выбирается ранее прочитанная строка, функции могут вызываться снова и выдавать результаты, отличные от полученных в первый

раз. Для запроса, вызывающего изменчивые функции, лучше всего указать NO SCROLL. Если такой способ не подходит, другая возможность обойти эту проблему — объявить курсор с указанием WITH HOLD и зафиксировать транзакцию, прежде чем читать из него какие-либо строки. В этом случае весь набор данных курсора будет материализован во временном хранилище, так что изменчивые функции будут выполнены для каждой строки лишь единожды.

Если запрос в определении курсора включает указания FOR UPDATE или FOR SHARE, возвращаемые курсором строки блокируются в момент первой выборки, так же, как это происходит при выполнении SELECT с этими указаниями. Кроме того, при чтении строк будут возвращаться их наиболее актуальные версии; таким образом, с этими указаниями курсор будет вести себя как «чувствительный курсор», определённый в стандарте SQL. (Указать INSENSITIVE для курсора с запросом FOR UPDATE или FOR SHARE нельзя.)

Внимание

Обычно рекомендуется использовать FOR UPDATE, если курсор предназначается для применения в командах UPDATE ... WHERE CURRENT OF и DELETE ... WHERE CURRENT OF. Указание FOR UPDATE предотвращает изменение строк другими сеансами после того, как они были считаны, и до того, как выполнится команда. Без FOR UPDATE последующая команда с WHERE CURRENT OF не сработает, если строка будет изменена после создания курсора.

Ещё одна причина использовать указание FOR UPDATE в том, что без него последующие команды с WHERE CURRENT OF могут выдать ошибку, если запрос курсора не удовлетворяет оговоренному в стандарте SQL критерию «простой изменяемости» (в частности, курсор должен ссылаться только на одну таблицу и не должен использовать группировку и сортировку (ORDER BY)). Курсоры, не удовлетворяющие этому критерию, могут работать либо не работать, в зависимости от конкретного выбранного плана; так что в худшем случае приложение может работать в тестовой, но сломается в производственной среде. С указанием FOR UPDATE курсор гарантированно будет изменяемым.

Не использовать же FOR UPDATE для команд с WHERE CURRENT OF в основном имеет смысл, только если требуется получить прокручиваемый курсор или курсор, не отражающий последующие изменения (то есть, продолжающий показывать прежние данные). Если это действительно необходимо, обязательно учтите при реализации приведённые выше замечания.

В стандарте SQL механизм курсоров предусмотрен только для встраиваемого SQL. Сервер PostgreSQL не реализует для курсоров оператор OPEN; курсор считается открытым при объявлении. Однако ECPG, встраиваемый препроцессор SQL для PostgreSQL, следует соглашениям стандарта, в том числе поддерживая для курсоров операторы DECLARE и OPEN.

Получить список всех доступных курсоров можно, обратившись к системному представлению pg_cursors.

Примеры

Объявление курсора:

```
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;
```

Другие примеры использования курсора можно найти в FETCH.

Совместимость

В стандарте SQL говорится, что чувствительность курсоров к параллельному обновлению нижележащих данных по умолчанию определяется реализацией. В PostgreSQL курсоры по умолчанию нечувствительные, а чувствительными их можно сделать с помощью указания FOR UPDATE. Другие СУБД могут работать иначе.

Стандарт SQL допускает курсоры только во встраиваемом SQL и в модулях. PostgreSQL позволяет использовать курсоры интерактивно.

Двоичные курсоры являются расширением PostgreSQL.

См. также

CLOSE, FETCH, MOVE

DELETE

DELETE — удалить записи таблицы

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
DELETE FROM [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним ]
    [ USING элемент_FROM [, ...] ]
    [ WHERE условие | WHERE CURRENT OF имя_курсора ]
    [ RETURNING { * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] } [, ...] ]
```

Описание

Команда `DELETE` удаляет из указанной таблицы строки, удовлетворяющие условию `WHERE`. Если предложение `WHERE` отсутствует, она удаляет из таблицы все строки, в результате будет получена рабочая, но пустая таблица.

> **Подсказка**
>
> TRUNCATE реализует более быстрый механизм удаления всех строк из таблицы.

Удалить строки в таблице, используя информацию из других таблиц в базе данных, можно двумя способами: применяя вложенные запросы или указав дополнительные таблицы в предложении `USING`. Выбор предпочитаемого варианта зависит от конкретных обстоятельств.

Предложение `RETURNING` указывает, что команда `DELETE` должна вычислить и возвратить значения для каждой фактически удалённой строки. Вычислить в нём можно любое выражение со столбцами целевой таблицы и/или столбцами других таблиц, упомянутых в `USING`. Список `RETURNING` имеет тот же синтаксис, что и список результатов `SELECT`.

Чтобы удалять данные из таблицы, необходимо иметь право `DELETE` для неё, а также право `SELECT` для всех таблиц, перечисленных в предложении `USING`, и таблиц, данные которых считываются в *`условии`*.

Параметры

`запрос_WITH`

Предложение `WITH` позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно ссылаться по имени в запросе `DELETE`. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и SELECT.

`имя_таблицы`

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, из которой будут удалены строки. Если перед именем таблицы добавлено `ONLY`, соответствующие строки удаляются только из указанной таблицы. Без `ONLY` строки будут также удалены из всех таблиц, унаследованных от указанной. При желании, после имени таблицы можно указать `*`, чтобы явно обозначить, что операция затрагивает все дочерние таблицы.

`псевдоним`

Альтернативное имя целевой таблицы. Когда указывается это имя, оно полностью скрывает фактическое имя таблицы. Например, в запросе `DELETE FROM foo AS f` дополнительные компоненты оператора `DELETE` должны обращаться к целевой таблице по имени `f`, а не `foo`.

`элемент_FROM`

Табличное выражение, позволяющее добавить в условие `WHERE` столбцы из других таблиц. В этом выражении используется тот же синтаксис, что и в предложении `FROM` оператора `SELECT`;

например, в нём можно определить псевдоним для таблицы. Повторять в нём имя целевой таблицы нужно, только если требуется определить замкнутое соединение (в этом случае для данного имени должен определяться псевдоним).

условие

Выражение, возвращающее значение типа `boolean`. Удалены будут только те строки, для которых это выражение возвращает `true`.

имя_курсора

Имя курсора, который будет использоваться в условии `WHERE CURRENT OF`. С таким условием будет удалена строка, выбранная из этого курсора последней. Курсор должен образовываться запросом, не применяющим группировку, к целевой таблице команды `DELETE`. Заметьте, что `WHERE CURRENT OF` нельзя задать вместе с логическим условием. За дополнительными сведениями об использовании курсоров с `WHERE CURRENT OF` обратитесь к DECLARE.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой `DELETE` после удаления каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы* или таблиц, перечисленных в списке `USING`. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать `*`.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `DELETE` возвращает метку команды в виде

```
DELETE число
```

Здесь *число* — количество удалённых строк. Заметьте, что это число может быть меньше числа строк, соответствующих *условию*, если удаления были подавлены триггером `BEFORE DELETE`. Если *число* равно 0, это означает, что запрос не удалил ни одной строки (это не считается ошибкой).

Если команда `DELETE` содержит предложение `RETURNING`, её результат будет похож на результат оператора `SELECT` (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке `RETURNING`), полученный для строк, удалённых этой командой.

Примечания

PostgreSQL позволяет ссылаться на столбцы других таблиц в условии `WHERE`, когда эти таблицы перечисляются в предложении `USING`. Например, удалить все фильмы определённого продюсера можно так:

```
DELETE FROM films USING producers
  WHERE producer_id = producers.id AND producers.name = 'foo';
```

По сути в этом запросе выполняется соединение таблиц `films` и `producers`, и все успешно включённые в соединение строки в `films` помечаются для удаления. Этот синтаксис не соответствует стандарту. Следуя стандарту, эту задачу можно решить так:

```
DELETE FROM films
  WHERE producer_id IN (SELECT id FROM producers WHERE name = 'foo');
```

В ряде случаев запрос в стиле соединения легче написать и он может работать быстрее, чем в стиле вложенного запроса.

Примеры

Удаление всех фильмов, кроме мюзиклов:

```
DELETE FROM films WHERE kind <> 'Musical';
```

Очистка таблицы `films`:

```
DELETE FROM films;
```

Удаление завершённых задач с получением всех данных удалённых строк:

```
DELETE FROM tasks WHERE status = 'DONE' RETURNING *;
```

Удаление из `tasks` строки, на которой в текущий момент располагается курсор `c_tasks`:

```
DELETE FROM tasks WHERE CURRENT OF c_tasks;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но предложения `USING` и `RETURNING` являются расширениями PostgreSQL, как и возможность использовать `WITH` с `DELETE`.

См. также

TRUNCATE

DISCARD

DISCARD — очистить состояние сеанса

Синтаксис

```
DISCARD { ALL | PLANS | SEQUENCES | TEMPORARY | TEMP }
```

Описание

`DISCARD` высвобождает внутренние ресурсы, связанные с сеансом использования базы данных. Эта команда полезна для частичного или полного сброса состояния сеанса. Для освобождения различных типов ресурсов она поддерживает несколько разных подкоманд; вариант `DISCARD ALL` включает в себя все остальные и также сбрасывает дополнительное состояние.

Параметры

`PLANS`

Высвобождает все кешированные планы запросов, вынуждая сервер провести планирование заново при следующем использовании связанного подготовленного оператора.

`SEQUENCES`

Сбрасывает кешированное состояние, связанное с последовательностями, включая внутреннюю информацию `currval()`/`lastval()` и любые предварительно выделенные значения последовательностей, которые ещё не выдала функция `nextval()`. (Кеширование значений последовательности описано в CREATE SEQUENCE.)

`TEMPORARY` или `TEMP`

Удаляет все временные таблицы, созданные в текущем сеансе.

`ALL`

Высвобождает все временные ресурсы, связанные с текущим сеансом, и сбрасывает сеанс к начальному состоянию. В настоящее время действует так же, как и следующая последовательность операторов:

```
CLOSE ALL;
SET SESSION AUTHORIZATION DEFAULT;
RESET ALL;
DEALLOCATE ALL;
UNLISTEN *;
SELECT pg_advisory_unlock_all();
DISCARD PLANS;
DISCARD TEMP;
DISCARD SEQUENCES;
```

Примечания

`DISCARD ALL` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Совместимость

`DISCARD` является расширением PostgreSQL.

DO

DO — выполнить анонимный блок кода

Синтаксис

```
DO [ LANGUAGE имя_языка ] код
```

Описание

DO выполняет анонимный блок кода или, другими словами, разовую анонимную функцию на процедурном языке.

Блок кода воспринимается, как если бы это было тело функции, которая не имеет параметров и возвращает void. Этот код разбирается и выполняется один раз.

Необязательное предложение LANGUAGE можно записать до или после блока кода.

Параметры

код

Выполняемый код на процедурном языке. Он должен задаваться в виде текстовой строки (её рекомендуется заключать в доллары), как и код в CREATE FUNCTION.

имя_языка

Имя процедурного языка, на котором написан код. По умолчанию подразумевается plpgsql.

Примечания

Применяемый процедурный язык должен быть уже зарегистрирован в текущей базе с помощью команды CREATE EXTENSION. По умолчанию зарегистрирован только plpgsql, но не другие языки.

Пользователь должен иметь право USAGE для данного процедурного языка, либо быть суперпользователем, если этот язык недоверенный. Такие же требования действуют и при создании функции на этом языке.

Если команда DO исполняется в блоке транзакции, код процедуры не может вызывать операторы управления транзакциями. Такие операторы допускаются, только если DO выполняется в отдельной транзакции.

Примеры

Следующий код даст все права для всех представлений в схеме public роли webuser:

```
DO $$DECLARE r record;
BEGIN
    FOR r IN SELECT table_schema, table_name FROM information_schema.tables
             WHERE table_type = 'VIEW' AND table_schema = 'public'
    LOOP
        EXECUTE 'GRANT ALL ON ' || quote_ident(r.table_schema) || '.' ||
 quote_ident(r.table_name) || ' TO webuser';
    END LOOP;
END$$;
```

Совместимость

Оператор DO отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE LANGUAGE

DROP ACCESS METHOD

DROP ACCESS METHOD — удалить метод доступа

Синтаксис

```
DROP ACCESS METHOD [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP ACCESS METHOD` удаляет существующий метод доступа. Удалять методы доступа разрешено только суперпользователям.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если метод доступа не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя существующего метода доступа.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного метода доступа (например, классы и семейства операторов, а также индексы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении метода доступа, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление метода доступа `heptree`:

```
DROP ACCESS METHOD heptree;
```

Совместимость

`DROP ACCESS METHOD` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE ACCESS METHOD

DROP AGGREGATE

DROP AGGREGATE — удалить агрегатную функцию

Синтаксис

```
DROP AGGREGATE [ IF EXISTS ] имя ( сигнатура_агр_функции ) [, ...] [ CASCADE |
 RESTRICT ]

Здесь сигнатура_агр_функции:

* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
 [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

`DROP AGGREGATE` удаляет существующую агрегатную функцию. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем агрегатной функции.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если агрегатная функция не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `DROP AGGREGATE` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации агрегатной функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип входных данных, с которыми работает агрегатная функция. Чтобы сослаться на агрегатную функцию без аргументов, укажите вместо списка аргументов `*`, а чтобы сослаться на сортирующую агрегатную функцию, добавьте `ORDER BY` между указаниями непосредственных и агрегируемых аргументов.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной агрегатной функции (например, использующие её представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении агрегатной функции, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примечания

Альтернативные варианты указания сортирующих агрегатов описаны в ALTER AGGREGATE.

Примеры

Удаление агрегатной функции `myavg` для типа `integer`:

```
DROP AGGREGATE myavg(integer);
```

Удаление гипотезирующей агрегатной функции `myrank`, которая принимает произвольный список сортируемых столбцов и соответствующий список непосредственных аргументов:

```
DROP AGGREGATE myrank(VARIADIC "any" ORDER BY VARIADIC "any");
```

Удаление нескольких агрегатных функций одной командой:

```
DROP AGGREGATE myavg(integer), myavg(bigint);
```

Совместимость

Оператор `DROP AGGREGATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER AGGREGATE, CREATE AGGREGATE

DROP CAST

DROP CAST — удалить приведение типа

Синтаксис

```
DROP CAST [ IF EXISTS ] (исходный_тип AS целевой_тип) [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP CAST` удаляет ранее определённое приведение типа.

Чтобы удалить приведение, необходимо быть владельцем исходного или целевого типа данных. Такие же требования действуют и при создании приведения.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если приведение не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`исходный_тип`

Имя исходного типа данных для приведения.

`целевой_тип`

Имя целевого типа данных для приведения.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от приведений не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление приведения типа `text` к типу `int`:

```
DROP CAST (text AS int);
```

Совместимость

Команда `DROP CAST` соответствует стандарту SQL.

См. также

CREATE CAST

DROP COLLATION

DROP COLLATION — удалить правило сортировки

Синтаксис

```
DROP COLLATION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP COLLATION` удаляет ранее определённое правило сортировки. Чтобы удалить правило сортировки, необходимо быть его владельцем.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если правило сортировки не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя правила сортировки, возможно, дополненное схемой.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного правила сортировки, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении правила сортировки, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление правила сортировки с именем `german`:

```
DROP COLLATION german;
```

Совместимость

Команда `DROP COLLATION` соответствует стандарту SQL, за исключением параметра `IF EXISTS`, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER COLLATION, CREATE COLLATION

DROP CONVERSION

DROP CONVERSION — удалить преобразование

Синтаксис

```
DROP CONVERSION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP CONVERSION` удаляет ранее определённое преобразование. Чтобы удалить преобразование, необходимые быть его владельцем.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если преобразование не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя преобразования, возможно, дополненное схемой.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от преобразований не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление преобразования с именем `myname`:

```
DROP CONVERSION myname;
```

Совместимость

Оператор `DROP CONVERSION` отсутствует в стандарте SQL, хотя в нём есть оператор `DROP TRANSLATION`, сопутствующий оператору `CREATE TRANSLATION`, который, в свою очередь, подобен `CREATE CONVERSION` в PostgreSQL.

См. также

ALTER CONVERSION, CREATE CONVERSION

DROP DATABASE

DROP DATABASE — удалить базу данных

Синтаксис

```
DROP DATABASE [ IF EXISTS ] имя [ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]

Здесь допускается параметр:

    FORCE
```

Описание

Команда `DROP DATABASE` удаляет базу данных. Она удаляет из системного каталога записи, относящиеся к базе, а также удаляет с диска каталог, содержащий данные. Выполнить её может только владелец базы данных. Кроме того, нельзя удалить базу, к которой вы подключены в данный момент. (Чтобы выполнить эту команду, подключитесь к `postgres` или любой другой базе данных.) Также команда не будет выполнена, когда к целевой базе подключены какие-то ещё пользователи, если вы не добавите указание `FORCE`, описанное ниже.

Действие команды `DROP DATABASE` нельзя отменить. Используйте её с осторожностью!

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если база данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя базы данных, подлежащей удалению.

`FORCE`

Попытаться принудительно завершить все существующие подключения к целевой базе данных. Подключения не завершаются, если в целевой базе имеются подготовленные транзакции, активные слоты логической репликации или подписки.

Завершает подключения фонового рабочего процесса и подключения, которые разрешено завершить текущему пользователю с помощью `pg_terminate_backend`, описанной в Подразделе 9.27.2. Если завершатся не все подключения, эта команда выдаст ошибку.

Примечания

`DROP DATABASE` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Эту команду нельзя выполнить, если установлено подключение к удаляемой базе данных. Поэтому может быть удобнее вместо неё использовать программу dropdb, которая сама вызывает эту команду внутри.

Совместимость

Оператор `DROP DATABASE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE DATABASE

DROP DOMAIN

DROP DOMAIN — удалить домен

Синтаксис

```
DROP DOMAIN [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP DOMAIN` удаляет домен. Удалить домен может только его владелец.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если домен не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего домена (возможно, дополненное схемой).

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного домена (например, столбцы таблиц), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении домена, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление домена `box`:

```
DROP DOMAIN box;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, за исключением параметра `IF EXISTS`, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DOMAIN, ALTER DOMAIN

DROP EVENT TRIGGER

DROP EVENT TRIGGER — удалить событийный триггер

Синтаксис

```
DROP EVENT TRIGGER [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP EVENT TRIGGER` удаляет существующий событийный триггер. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем событийного триггера.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если событийный триггер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя событийного триггера, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении триггера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление триггера `snitch`:

```
DROP EVENT TRIGGER snitch;
```

Совместимость

Оператор `DROP EVENT TRIGGER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE EVENT TRIGGER, ALTER EVENT TRIGGER

DROP EXTENSION

DROP EXTENSION — удалить расширение

Синтаксис

```
DROP EXTENSION [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP EXTENSION` удаляет расширения из базы данных. При удалении расширения также удаляются все составляющие его объекты и другие явно зависимые подпрограммы (см. ALTER ROUTINE, указание `DEPENDS ON EXTENSION` *имя_расширения*).

Чтобы выполнить `DROP EXTENSION`, необходимо быть владельцем расширения.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если расширение не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя установленного расширения.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного расширения, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Этот параметр предотвращает удаление указанных расширений, если существуют зависимые от них объекты, за исключением самих расширений, их внутренних объектов и явно зависящих от них подпрограмм. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление расширения `hstore` из текущей базы данных.

```
DROP EXTENSION hstore;
```

Эта команда не будет выполнена, если какие-либо объекты из `hstore` будут задействованы, например, если в какой-либо таблице окажется столбец типа `hstore`. Чтобы принудительно удалить и эти зависимые объекты, необходимо добавить параметр `CASCADE`.

Совместимость

`DROP EXTENSION` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE EXTENSION, ALTER EXTENSION

DROP FOREIGN DATA WRAPPER

DROP FOREIGN DATA WRAPPER — удалить обёртку сторонних данных

Синтаксис

```
DROP FOREIGN DATA WRAPPER [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP FOREIGN DATA WRAPPER` удаляет существующую обёртку сторонних данных. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем обёртки.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если обёртка сторонних данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей обёртки сторонних данных.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной обёртки сторонних данных (например, сторонние таблицы и серверы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении обёртки сторонних данных, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление обёртки сторонних данных `dbi`:

```
DROP FOREIGN DATA WRAPPER dbi;
```

Совместимость

`DROP FOREIGN DATA WRAPPER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение `IF EXISTS` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, ALTER FOREIGN DATA WRAPPER

DROP FOREIGN TABLE

DROP FOREIGN TABLE — удалить стороннюю таблицу

Синтаксис

```
DROP FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP FOREIGN TABLE` удаляет стороннюю таблицу. Удалить стороннюю таблицу может только её владелец.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если сторонняя таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) сторонней таблицы, подлежащей удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной сторонней таблицы (например, представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении сторонней таблицы, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление двух сторонних таблиц, `films` и `distributors`:

```
DROP FOREIGN TABLE films, distributors;
```

Совместимость

Эта команда соответствует ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), но возможность удалять в одной команде несколько таблиц и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER FOREIGN TABLE, CREATE FOREIGN TABLE

DROP FUNCTION

DROP FUNCTION — удалить функцию

Синтаксис

```
DROP FUNCTION [ IF EXISTS ] имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP FUNCTION` удаляет определение существующей функции. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем функции. Помимо имени функции требуется указать типы её аргументов, так как в базе данных могут существовать несколько функций с одним именем, но с разными списками аргументов.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если функция не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей функции (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN`, `OUT`, `INOUT` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`. Заметьте, что `DROP FUNCTION` не учитывает аргументы `OUT`, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы `IN`, `INOUT` и `VARIADIC`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `DROP FUNCTION` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов функции (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной функции (например, операторы или триггеры), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении функции, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет функцию, вычисляющую квадратный корень:

```
DROP FUNCTION sqrt(integer);
```

Удаление нескольких функций одной командой:

```
DROP FUNCTION sqrt(integer), sqrt(bigint);
```

Если имя функции уникально в её схеме, на неё можно сослаться без списка аргументов:

```
DROP FUNCTION update_employee_salaries;
```

Заметьте, что это отличается от

```
DROP FUNCTION update_employee_salaries();
```

Данная форма ссылается на функцию с нулём аргументов, тогда как первый вариант подходит для функции с любым числом аргументов, в том числе и с нулём, если имя функции уникально.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена следующими расширениями PostgreSQL:

- Стандарт допускает удаление в одной команде только одной функции.
- Указание `IF EXISTS`
- Возможность указывать режимы и имена аргументов

См. также

CREATE FUNCTION, ALTER FUNCTION, DROP PROCEDURE, DROP ROUTINE

DROP GROUP

DROP GROUP — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP GROUP [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

`DROP GROUP` теперь является синонимом оператора DROP ROLE.

Совместимость

Оператор `DROP GROUP` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

DROP ROLE

DROP INDEX

DROP INDEX — удалить индекс

Синтаксис

```
DROP INDEX [ CONCURRENTLY ] [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP INDEX` удаляет существующий индекс из базы данных. Выполнить эту команду может только владелец индекса.

Параметры

`CONCURRENTLY`

С этим указанием индекс удаляется, не блокируя одновременные операции выборки, добавления, изменения и удаления данных в таблице индекса. Обычный оператор `DROP INDEX` запрашивает блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` для таблицы, не допуская другие обращения к ней до завершения удаления. Если же добавлено это указание, команда, напротив, будет ждать завершения конфликтующих транзакций.

Применяя это указание, надо учитывать несколько особенностей. В частности, при этом можно задать имя только одного индекса, а параметр `CASCADE` не поддерживается. (Таким образом, индекс, поддерживающий ограничение `UNIQUE` или `PRIMARY KEY`, так удалить нельзя.) Кроме того, обычную команду `DROP INDEX` можно выполнить в блоке транзакции, а `DROP INDEX CONCURRENTLY` — нет. Наконец, с этим указанием нельзя удалить индексы секционированных таблиц.

Для временных таблиц `DROP INDEX` всегда выполняется более простым, неблокирующим способом, так как они не могут использоваться никакими другими сеансами.

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если индекс не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) индекса, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного индекса, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении индекса, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удалит индекс `title_idx`:

```
DROP INDEX title_idx;
```

Совместимость

`DROP INDEX` является языковым расширением PostgreSQL. Средства обеспечения индексов в стандарте SQL не описаны.

См. также

CREATE INDEX

DROP LANGUAGE

DROP LANGUAGE — удалить процедурный язык

Синтаксис

```
DROP [ PROCEDURAL ] LANGUAGE [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP LANGUAGE` удаляет определение ранее зарегистрированного процедурного языка. Выполнить `DROP LANGUAGE` может только владелец языка или суперпользователь.

> **Примечание**
>
> Начиная с PostgreSQL 9.1, большинство процедурных языков были преобразованы в «расширения», так что теперь их следует удалять командами DROP EXTENSION, а не `DROP LANGUAGE`.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если язык не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего процедурного языка. В целях обратной совместимости имя можно заключить в апострофы.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного языка (например, функции на этом языке), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении языка, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет процедурный язык `plsample`:

```
DROP LANGUAGE plsample;
```

Совместимость

Оператор `DROP LANGUAGE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER LANGUAGE, CREATE LANGUAGE

DROP MATERIALIZED VIEW

DROP MATERIALIZED VIEW — удалить материализованное представление

Синтаксис

```
DROP MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP MATERIALIZED VIEW` удаляет существующее материализованное представление. Выполнить эту команду может только владелец материализованного представления.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если материализованное представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) материализованного представления, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного материализованного представления (например, другие материализованные или обычные представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении материализованного представления, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет материализованное представление с именем `order_summary`:

```
DROP MATERIALIZED VIEW order_summary;
```

Совместимость

`DROP MATERIALIZED VIEW` — расширение PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, ALTER MATERIALIZED VIEW, REFRESH MATERIALIZED VIEW

DROP OPERATOR

DROP OPERATOR — удалить оператор

Синтаксис

```
DROP OPERATOR [ IF EXISTS ] имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )
  [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP OPERATOR` удаляет существующий оператор из базы данных. Выполнить эту команду может только владелец оператора.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если оператор не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего оператора (возможно, дополненное схемой).

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора; если у оператора нет левого операнда, укажите `NONE`.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора; если у оператора нет правого операнда, укажите `NONE`.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного оператора (например, использующие его представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении оператора, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление оператора возведения в степень `a^b` для типа `integer`:

```
DROP OPERATOR ^ (integer, integer);
```

Удаление левого унарного оператора двоичного дополнения `~b` для типа `bit`:

```
DROP OPERATOR ~ (none, bit);
```

Удаление правого унарного оператора вычисления факториала `x!` для типа `bigint`:

```
DROP OPERATOR ! (bigint, none);
```

Удаление нескольких операторов одной командой:

```
DROP OPERATOR ~ (none, bit), ! (bigint, none);
```

Совместимость

Команда `DROP OPERATOR` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR, ALTER OPERATOR

DROP OPERATOR CLASS

DROP OPERATOR CLASS — удалить класс операторов

Синтаксис

```
DROP OPERATOR CLASS [ IF EXISTS ] имя USING индексный_метод [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP OPERATOR CLASS` удаляет существующий класс операторов. Выполнить эту команду может только владелец класса операторов.

`DROP OPERATOR CLASS` не удаляет операторы или функции, связанные с этим классом. Если же существуют индексы, зависящие от этого класса, класс будет удалён успешно (вместе с индексами), только если добавить указание `CASCADE`.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если класс операторов не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего класса операторов (возможно, дополненное схемой).

индексный_метод

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного класса операторов (например, использующие его индексы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении класса операторов, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примечания

`DROP OPERATOR CLASS` не удалит семейство операторов, содержавшее этот класс, даже если в этом семействе больше ничего не останется (в том числе, если семейство было неявно создано командой `CREATE OPERATOR CLASS`). Пустое семейство операторов безвредно, но порядка ради затем следует удалить и его, командой `DROP OPERATOR FAMILY`; или, возможно, выполнить `DROP OPERATOR FAMILY` в первую очередь.

Примеры

Удаление класса операторов B-дерева с именем `widget_ops`:

```
DROP OPERATOR CLASS widget_ops USING btree;
```

Эта команда не будет выполнена, если в базе существуют индексы, использующие этот класс. Чтобы удалить такие индексы вместе с классом операторов, нужно добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Команда `DROP OPERATOR CLASS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR FAMILY

DROP OPERATOR FAMILY

DROP OPERATOR FAMILY — удалить семейство операторов

Синтаксис

```
DROP OPERATOR FAMILY [ IF EXISTS ] имя USING индексный_метод [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP OPERATOR FAMILY` удаляет существующее семейство операторов. Выполнить эту команду может только владелец семейства операторов.

`DROP OPERATOR FAMILY` удаляет также все классы операторов, содержащиеся в семействе, но не удаляет связанные с ним операторы или функции. Если от классов операторов, содержащихся в семействе, зависят какие-либо индексы, семейство будет удалено успешно (вместе с классами и индексами), только если добавить указание `CASCADE`.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если семейство операторов не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов.

`индексный_метод`

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного семейства операторов, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении семейства операторов, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление семейства операторов B-дерева с именем `float_ops`:

```
DROP OPERATOR FAMILY float_ops USING btree;
```

Эта команда не будет выполнена, если в базе существуют индексы, использующие классы операторов из этого семейства. Чтобы удалить такие индексы вместе с семейством операторов, нужно добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Команда `DROP OPERATOR FAMILY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR FAMILY, ALTER OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

DROP OWNED

DROP OWNED — удалить объекты базы данных, принадлежащие роли

Синтаксис

```
DROP OWNED BY { имя | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP OWNED` удаляет в текущей базе данных все объекты, принадлежащие любой из указанных ролей. Кроме того, эти роли лишаются всех прав, которые они имели для объектов текущей базы данных или общих объектов (баз данных, табличных пространств).

Параметры

имя

Имя роли, все объекты которой будут уничтожены, а права отозваны.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от каждого затрагиваемого объекта, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении объектов, принадлежащих роли, если от каких-либо из них зависят другие объекты в базе данных. Это поведение по умолчанию.

Примечания

`DROP OWNED` часто применяется при подготовке к удалению одной или нескольких ролей. Так как команда `DROP OWNED` затрагивает объекты только в текущей базе данных, обычно её нужно выполнять в каждой базе данных, которая содержит объекты, принадлежащие удаляемой роли.

С указанием `CASCADE` эта команда может рекурсивно удалить объекты, принадлежащие и другим пользователям.

Команда REASSIGN OWNED даёт альтернативную возможность — сменить владельца для всех объектов базы, принадлежащих одной или нескольким ролям. Однако `REASSIGN OWNED` не затрагивает права, назначенные для объектов, не принадлежащих указанным ролям.

Базы данных и табличные пространства, принадлежащие указанным ролям, эта команда не удаляет.

За подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Совместимость

Команда `DROP OWNED` — расширение PostgreSQL.

См. также

REASSIGN OWNED, DROP ROLE

DROP POLICY

DROP POLICY — удалить политику защиты на уровне строк для таблицы

Синтаксис

```
DROP POLICY [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP POLICY` удаляет указанную политику из таблицы. Заметьте, что если из таблицы удаляется последняя политика, а в таблице продолжает действовать защита на уровне строк (включённая командой `ALTER TABLE`), будет применена политика запрета по умолчанию. Отключить защиту на уровне строк для таблицы можно с помощью команды `ALTER TABLE ... DISABLE ROW LEVEL SECURITY`, независимо от того, определены ли политики для этой таблицы или нет.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если политика не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя политики, подлежащей удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, к которой применяется эта политика.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от политик не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление политики `p1` из таблицы `my_table`:

```
DROP POLICY p1 ON my_table;
```

Совместимость

`DROP POLICY` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE POLICY, ALTER POLICY

DROP PROCEDURE

DROP PROCEDURE — удалить процедуру

Синтаксис

```
DROP PROCEDURE [ IF EXISTS ] имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP PROCEDURE` удаляет определение существующей процедуры. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем процедуры. Помимо имени процедуры требуется указать типы её аргументов, так как в базе данных могут существовать несколько процедур с одним именем, но с разными списками аргументов.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если процедура не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей процедуры (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя процедуры должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `DROP PROCEDURE` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации процедуры достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов процедуры (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной процедуры, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении процедуры, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

```
DROP PROCEDURE do_db_maintenance();
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена расширениями PostgreSQL:

- Стандарт позволяет удалять с помощью этой команды только одну процедуру.

- Указание `IF EXISTS`
- Возможность указывать режимы и имена аргументов

См. также

CREATE PROCEDURE, ALTER PROCEDURE, DROP FUNCTION, DROP ROUTINE

DROP PUBLICATION

DROP PUBLICATION — удалить публикацию

Синтаксис

```
DROP PUBLICATION [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP PUBLICATION` удаляет существующую публикацию из базы данных.

Удалить публикацию может только её владелец или суперпользователь.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если публикация не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей публикации.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от публикаций не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление публикации:

```
DROP PUBLICATION mypublication;
```

Совместимость

`DROP PUBLICATION` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

DROP ROLE

DROP ROLE — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP ROLE [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

`DROP ROLE` удаляет указанные роли. Удалить роль суперпользователя может только суперпользователь, а чтобы удалить роль обычного пользователя, достаточно иметь право `CREATEROLE`.

Если на эту роль есть ссылки в какой-либо базе данных в кластере, возникнет ошибка и роль не будет удалена. Прежде чем удалять роль, необходимо удалить все принадлежащие ей объекты (или сменить их владельца), а также лишить её данных ей прав для других объектов. Для этой цели можно применить команды REASSIGN OWNED и DROP OWNED; за подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Однако ликвидировать членство в ролях, связанное с этой ролью, не требуется; `DROP ROLE` автоматически исключит данную роль из других ролей, и третьи роли из данной. Сами роли при этом не удаляются и другим образом никак не затрагиваются.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если роль не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя роли, подлежащей удалению.

Примечания

PostgreSQL включает программу dropuser, которая предоставляет ту же функциональность (на самом деле она вызывает эту команду), но может запускаться в командной оболочке.

Примеры

Удаление роли:

```
DROP ROLE jonathan;
```

Совместимость

В стандарте SQL определена команда `DROP ROLE`, но она может удалять только по одной роли, а для её выполнения требуются другие права, не такие как в PostgreSQL.

См. также

CREATE ROLE, ALTER ROLE, SET ROLE

DROP ROUTINE

DROP ROUTINE — удалить подпрограмму

Синтаксис

```
DROP ROUTINE [ IF EXISTS ] имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
 ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP ROUTINE` удаляет определение существующей подпрограммы, которой может быть обычная функция, агрегат или процедура. Описание параметров, дополнительные примеры и подробности приведены в описаниях DROP AGGREGATE, DROP FUNCTION и DROP PROCEDURE.

Примеры

Удаление подпрограммы `foo` для типа `integer`:

```
DROP ROUTINE foo(integer);
```

Эта команда будет работать независимо от того, является ли `foo` агрегатом, функцией или процедурой.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена следующими расширениями PostgreSQL:

- Стандарт позволяет удалять с помощью этой команды только одну подпрограмму.
- Указание `IF EXISTS`
- Возможность указывать режимы и имена аргументов
- Поддержка агрегатных функций.

См. также

DROP AGGREGATE, DROP FUNCTION, DROP PROCEDURE, ALTER ROUTINE

Заметьте, что также отсутствует команда `CREATE ROUTINE`.

DROP RULE

DROP RULE — удалить правило перезаписи

Синтаксис

```
DROP RULE [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP RULE` удаляет правило перезаписи.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если правило не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя правила, подлежащего удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного правила, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении правила, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление правила перезаписи `newrule`:

```
DROP RULE newrule ON mytable;
```

Совместимость

`DROP RULE` является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

CREATE RULE, ALTER RULE

DROP SCHEMA

DROP SCHEMA — удалить схему

Синтаксис

```
DROP SCHEMA [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP SCHEMA` удаляет схемы из базы данных.

Схему может удалить только её владелец или суперпользователь. Заметьте, что владелец может удалить схему (вместе со всеми содержащимися в ней объектами), даже если он не владеет некоторыми объектами в своей схеме.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если схема не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя схемы.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, содержащиеся в этой схеме (таблицы, функции и т. д.), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении схемы, если она содержит какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примечания

С указанием `CASCADE` эта команда может удалить объекты не только в данной схеме, но и в других.

Примеры

Удаление схемы `mystuff` из базы данных вместе со всем, что в ней содержится:

```
DROP SCHEMA mystuff CASCADE;
```

Совместимость

Команда `DROP SCHEMA` полностью соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько схем и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER SCHEMA, CREATE SCHEMA

DROP SEQUENCE

DROP SEQUENCE — удалить последовательность

Синтаксис

```
DROP SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP SEQUENCE` удаляет генераторы числовых последовательностей. Удалить последовательность может только её владелец или суперпользователь.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если последовательность не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя последовательности (возможно, дополненное схемой).

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной последовательности, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении последовательности, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление последовательности `serial`:

```
DROP SEQUENCE serial;
```

Совместимость

`DROP SEQUENCE` соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько последовательностей и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

CREATE SEQUENCE, ALTER SEQUENCE

DROP SERVER

DROP SERVER — удалить описание стороннего сервера

Синтаксис

```
DROP SERVER [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP SERVER` удаляет существующее описание стороннего сервера. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем сервера.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если сервер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя существующего сервера.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении сервера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление определения сервера `foo`, если оно существует:

```
DROP SERVER IF EXISTS foo;
```

Совместимость

`DROP SERVER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение `IF EXISTS` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SERVER, ALTER SERVER

DROP STATISTICS

DROP STATISTICS — удалить расширенную статистику

Синтаксис

```
DROP STATISTICS [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP STATISTICS` удаляет объект(ы) статистики из базы данных. Удалить объект статистики может только владелец объекта, владелец схемы или суперпользователь.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если объект статистики не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) объекта статистики, подлежащего удалению.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от статистики не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление двух объектов статистики в разных схемах (если эти объекты отсутствуют, ошибки не будет):

```
DROP STATISTICS IF EXISTS
    accounting.users_uid_creation,
    public.grants_user_role;
```

Совместимость

Оператор `DROP STATISTICS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER STATISTICS, CREATE STATISTICS

DROP SUBSCRIPTION

DROP SUBSCRIPTION — удалить подписку

Синтаксис

```
DROP SUBSCRIPTION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP SUBSCRIPTION` удаляет подписку из кластера баз данных.

Удалить подписку может только суперпользователь.

Команду `DROP SUBSCRIPTION` нельзя выполнять в блоке транзакции, если подписка связана со слотом репликации. (Для освобождения слота можно использовать `ALTER SUBSCRIPTION`.)

Параметры

имя

Имя подписки, подлежащей удалению.

`CASCADE`
`RESTRICT`

Эти ключевые слова игнорируются, так как от подписок не зависят никакие объекты.

Примечания

При удалении подписки, связанной со слотом репликации на удалённом узле (это типичная ситуация), команда `DROP SUBSCRIPTION` подключится к удалённому узлу и попытается удалить слот репликации в ходе этой операции. Это необходимо для освобождения ресурсов, выделенных для подписки на удалённом узле. Если при этом происходит сбой, либо из-за недоступности удалённого узла, либо из-за ошибки при удалении слота репликации, либо вообще из-за его отсутствия, команда `DROP SUBSCRIPTION` прерывается. Для разрешения этой ситуации сначала отключите подписку, выполнив `ALTER SUBSCRIPTION ... DISABLE`, а затем разорвите связь подписки с этим слотом репликации, выполнив команду `ALTER SUBSCRIPTION ... SET (slot_name = NONE)`. После этого команда `DROP SUBSCRIPTION` не будет пытаться выполнять какие-либо действия на удалённом узле. Заметьте, что если удалённый слот репликации фактически продолжает существовать, его нужно будет удалить вручную; в противном случае для него будет по-прежнему сохраняться WAL, что в конце концов может привести к переполнению диска. См. также Подраздел 30.2.1.

Если подписка связана со слотом репликации, команду `DROP SUBSCRIPTION` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Примеры

Удаление подписки:

```
DROP SUBSCRIPTION mysub;
```

Совместимость

`DROP SUBSCRIPTION` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SUBSCRIPTION, ALTER SUBSCRIPTION

DROP TABLE

DROP TABLE — удалить таблицу

Синтаксис

```
DROP TABLE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TABLE` удаляет таблицы из базы данных. Удалить таблицу может только её владелец, владелец схемы или суперпользователь. Чтобы опустошить таблицу, не удаляя её саму, вместо этой команды следует использовать DELETE или TRUNCATE.

`DROP TABLE` всегда удаляет все индексы, правила, триггеры и ограничения, существующие в целевой таблице. Однако чтобы удалить таблицу, на которую ссылается представление или ограничение внешнего ключа в другой таблице, необходимо дополнительно указать `CASCADE`. (С указанием `CASCADE` зависимое представление удаляется полностью, тогда как в случае с ограничением внешнего ключа удаляется именно это ограничение, а не вся таблица, к которой оно относится.)

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, подлежащей удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной таблицы (например, представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении таблицы, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление таблиц `films` и `distributors`:

```
DROP TABLE films, distributors;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько таблиц и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER TABLE, CREATE TABLE

DROP TABLESPACE

DROP TABLESPACE — удалить табличное пространство

Синтаксис

```
DROP TABLESPACE [ IF EXISTS ] имя
```

Описание

`DROP TABLESPACE` удаляет табличное пространство из системы.

Удалить табличное пространство может только его владелец или суперпользователь. Перед удалением его необходимо очистить от всех объектов базы данных. Даже если в текущей базе данных не будет ни одного объекта, находящегося в этом пространстве, в нём вполне могут оставаться объекты других баз данных. Кроме того, если табличное пространство указано в списке temp_tablespaces любого активного сеанса, команда `DROP` может завершиться ошибкой, если в этом пространстве окажутся временные файлы.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если табличное пространство не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя табличного пространства.

Примечания

`DROP TABLESPACE` не может быть выполнена в блоке транзакции.

Примеры

Удаление табличного пространства `mystuff` из системы:

```
DROP TABLESPACE mystuff;
```

Совместимость

`DROP TABLESPACE` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE TABLESPACE, ALTER TABLESPACE

DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION

DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION — удалить конфигурацию текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION` удаляет существующую конфигурацию текстового поиска. Выполнить эту команду может только владелец конфигурации.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если конфигурация текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей конфигурации текстового поиска.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной конфигурации текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении конфигурации текстового поиска, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление конфигурации текстового поиска `my_english`:

```
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION my_english;
```

Эта команда не будет выполнена, если какие-либо индексы ссылаются на эту конфигурацию в вызовах `to_tsvector`. Чтобы удалить такие индексы вместе с конфигурацией, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION, CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION

DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

DROP TEXT SEARCH DICTIONARY — удалить словарь текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TEXT SEARCH DICTIONARY` удаляет существующий словарь текстового поиска. Выполнить эту команду может только владелец словаря.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если словарь текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего словаря текстового поиска.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного словаря текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении словаря текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удалить словарь текстового поиска `english`:

```
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY english;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют конфигурации текстового поиска, использующие этот словарь. Чтобы удалить такие конфигурации вместе со словарём, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH DICTIONARY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY

DROP TEXT SEARCH PARSER

DROP TEXT SEARCH PARSER — удалить анализатор текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH PARSER [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TEXT SEARCH PARSER` удаляет существующий анализатор текстового поиска. Выполнить эту команду может только суперпользователь.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если анализатор текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего анализатора текстового поиска.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного анализатора текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении анализатора текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление анализатора текстового поиска `my_parser`:

```
DROP TEXT SEARCH PARSER my_parser;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют конфигурации текстового поиска, использующие это анализатор. Чтобы удалить такие конфигурации вместе с анализатором, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH PARSER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH PARSER, CREATE TEXT SEARCH PARSER

DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

DROP TEXT SEARCH TEMPLATE — удалить шаблон текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TEXT SEARCH TEMPLATE` удаляет существующий шаблон текстового поиска. Выполнить эту команду может только суперпользователь.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если шаблон текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя`

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего шаблона текстового поиска.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного шаблона текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении шаблона текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление шаблона текстового поиска `thesaurus`:

```
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE thesaurus;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют словари текстового поиска, использующие этот шаблон. Чтобы удалить такие словари вместе с шаблоном, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH TEMPLATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE

DROP TRANSFORM

DROP TRANSFORM — удалить трансформацию

Синтаксис

```
DROP TRANSFORM [ IF EXISTS ] FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TRANSFORM` удаляет ранее определённую трансформацию.

Чтобы удалить трансформацию, необходимо быть владельцем типа и языка. Такие же требования действуют и при создании трансформации.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если трансформация не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя_типа`

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

`имя_языка`

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной трансформации, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении трансформации, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление трансформации для типа `hstore` и языка `plpythonu`:

```
DROP TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu;
```

Совместимость

Эта форма `DROP TRANSFORM` является расширением PostgreSQL. За подробностями обратитесь к описанию CREATE TRANSFORM.

См. также

CREATE TRANSFORM

DROP TRIGGER

DROP TRIGGER — удалить триггер

Синтаксис

```
DROP TRIGGER [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TRIGGER` удаляет существующее определение триггера. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем таблицы, для которой определён данный триггер.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если триггер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя триггера, подлежащего удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, для которой определён триггер.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении триггера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление триггера `if_dist_exists` в таблице `films`:

```
DROP TRIGGER if_dist_exists ON films;
```

Совместимость

Оператор `DROP TRIGGER` в PostgreSQL несовместим со стандартом SQL. В стандарте имена триггеров не считаются локальными по отношению к таблицам, так что синтаксис команды проще: `DROP TRIGGER` *имя*.

См. также

CREATE TRIGGER

DROP TYPE

DROP TYPE — удалить тип данных

Синтаксис

```
DROP TYPE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP TYPE` удаляет определённый пользователем тип данных. Удалить тип может только его владелец.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если тип не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) типа данных, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного типа (например, столбцы таблиц, функции и операторы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении типа, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление типа данных `box`:

```
DROP TYPE box;
```

Совместимость

Эта команда подобна соответствующей команде в стандарте SQL, но указание `IF EXISTS` является расширением PostgreSQL. Однако учтите, что команда `CREATE TYPE` и механизм расширения типов в PostgreSQL значительно отличаются от стандарта SQL.

См. также

ALTER TYPE, CREATE TYPE

DROP USER

DROP USER — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP USER [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

`DROP USER` — просто альтернативное написание команды DROP ROLE.

Совместимость

`DROP USER` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

DROP ROLE

DROP USER MAPPING

DROP USER MAPPING — удалить сопоставление пользователя для стороннего сервера

Синтаксис

```
DROP USER MAPPING [ IF EXISTS ] FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER | PUBLIC }
 SERVER имя_сервера
```

Описание

`DROP USER MAPPING` удаляет существующее сопоставление пользователя для стороннего сервера.

Владелец стороннего сервера может удалить заданные для этого сервера сопоставления любых пользователей. Кроме того, обычный пользователь может удалить сопоставление для собственного имени, если он имеет право `USAGE` для сервера.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если сопоставление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`имя_пользователя`

Имя пользователя для сопоставления. Значения `CURRENT_USER` и `USER` соответствуют имени текущего пользователя. Значение `PUBLIC` соответствует именам всех текущих и будущих пользователей системы.

`имя_сервера`

Имя сервера, для которого меняется сопоставление пользователей.

Примеры

Удаление сопоставления пользователя `bob` для сервера `foo`, если оно существует:

```
DROP USER MAPPING IF EXISTS FOR bob SERVER foo;
```

Совместимость

`DROP USER MAPPING` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение `IF EXISTS` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE USER MAPPING, ALTER USER MAPPING

DROP VIEW

DROP VIEW — удалить представление

Синтаксис

```
DROP VIEW [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

`DROP VIEW` удаляет существующее представление. Выполнить эту команду может только владелец представления.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) представления, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного представления (например, другие представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.14).

`RESTRICT`

Отказать в удалении представления, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет представление с именем `kinds`:

```
DROP VIEW kinds;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько представлений и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER VIEW, CREATE VIEW

END

END — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
END [ WORK | TRANSACTION ] [ AND [ NO ] CHAIN ]
```

Описание

`END` фиксирует текущую транзакцию. Все изменения, произведённые этой транзакцией, становятся видимыми для других и гарантированно сохранятся в случае сбоя. Эта команда является расширением PostgreSQL и равнозначна команде COMMIT.

Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

`AND CHAIN`

Если добавляется указание `AND CHAIN`, сразу после окончания текущей транзакции начинается новая с такими же характеристиками транзакции (см. SET TRANSACTION). В противном случае новая транзакция не начинается.

Примечания

Для прерывания транзакции используйте ROLLBACK.

При попытке выполнить `END` вне транзакции ничего не произойдёт, но будет выдано предупреждение.

Примеры

Следующая команда фиксирует текущую транзакцию и сохраняет все изменения:

```
END;
```

Совместимость

`END` является расширением PostgreSQL и выполняет ту же функцию, что и оператор COMMIT, описанный в стандарте SQL.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK

EXECUTE

EXECUTE — выполнить подготовленный оператор

Синтаксис

```
EXECUTE имя [ ( параметр [, ...] ) ]
```

Описание

`EXECUTE` выполняет подготовленный ранее оператор. Так как подготовленные операторы существуют только в рамках сеанса, они должны создаваться командой `PREPARE`, выполненной в текущем сеансе ранее.

Если команда `PREPARE`, создающая оператор, определяет некоторый набор параметров, команде `EXECUTE` должны быть переданы подходящие значения этих параметров; в противном случае возникнет ошибка. Заметьте, что подготовленные операторы (в отличие от функций) не перегружаются в зависимости от типа или числа параметров; имя подготовленного оператора должно быть уникальным в рамках текущего сеанса.

Чтобы узнать больше о создании и использовании подготовленных операторов, обратитесь к PREPARE.

Параметры

имя

Имя подготовленного оператора, который будет выполнен.

параметр

Фактическое значение параметра подготовленного оператора. Это может быть выражение, выдающее значение, совместимое с типом данных этого параметра, который был определён при создании подготовленного оператора.

Выводимая информация

Метка команды, возвращаемая `EXECUTE`, соответствует подготовленному оператору, а не оператору `EXECUTE`.

Примеры

Примеры приведены в разделе Примеры описания PREPARE.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор `EXECUTE`, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL. Эта версия оператора `EXECUTE` имеет также несколько другой синтаксис.

См. также

DEALLOCATE, PREPARE

EXPLAIN

EXPLAIN — показать план выполнения оператора

Синтаксис

```
EXPLAIN [ ( параметр [, ...] ) ] оператор
EXPLAIN [ ANALYZE ] [ VERBOSE ] оператор

Здесь допускается параметр:

    ANALYZE [ boolean ]
    VERBOSE [ boolean ]
    COSTS [ boolean ]
    SETTINGS [ boolean ]
    BUFFERS [ boolean ]
    WAL [ boolean ]
    TIMING [ boolean ]
    SUMMARY [ boolean ]
    FORMAT { TEXT | XML | JSON | YAML }
```

Описание

Эта команда выводит план выполнения, генерируемый планировщиком PostgreSQL для заданного оператора. План выполнения показывает, как будут сканироваться таблицы, затрагиваемые оператором — просто последовательно, по индексу и т. д. — а если запрос связывает несколько таблиц, какой алгоритм соединения будет выбран для объединения считанных из них строк.

Наибольший интерес в выводимой информации представляет ожидаемая стоимость выполнения оператора, которая показывает, сколько, по мнению планировщика, будет выполняться этот оператор (это значение измеряется в единицах стоимости, которые не имеют точного определения, но обычно это обращение к странице на диске). Фактически выводятся два числа: стоимость запуска до выдачи первой строки и общая стоимость выдачи всех строк. Для большинства запросов важна общая стоимость, но в таких контекстах, как подзапрос в `EXISTS`, планировщик будет минимизировать стоимость запуска, а не общую стоимость (так как исполнение запроса всё равно завершится сразу после получения одной строки). Кроме того, если количество возвращаемых строк ограничивается предложением `LIMIT`, планировщик интерполирует стоимость между двумя этими числами, выбирая наиболее выгодный план.

С параметром `ANALYZE` оператор будет выполнен на самом деле, а не только запланирован. При этом в вывод добавляются фактические сведения о времени выполнения, включая общее время, затраченное на каждый узел плана (в миллисекундах) и общее число строк, выданных в результате. Это помогает понять, насколько близки к реальности предварительные оценки планировщика.

Важно

Имейте в виду, что с указанием `ANALYZE` оператор действительно выполняется. Хотя `EXPLAIN` отбрасывает результат, который вернул бы `SELECT`, в остальном все действия выполняются как обычно. Если вы хотите выполнить `EXPLAIN ANALYZE` с командой `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `CREATE TABLE AS` или `EXECUTE`, не допуская изменения данных этой командой, воспользуйтесь таким приёмом:

```
BEGIN;
EXPLAIN ANALYZE ...;
ROLLBACK;
```

Без скобок для этого оператора можно указать только параметры ANALYZE и VERBOSE и только в таком порядке. В PostgreSQL до версии 9.0 поддерживался только синтаксис без скобок, однако в дальнейшем ожидается, что все новые параметры будут восприниматься только в скобках.

Параметры

ANALYZE

Выполнить команду и вывести фактическое время выполнения и другую статистику. По умолчанию этот параметр равен FALSE.

VERBOSE

Вывести дополнительную информацию о плане запроса. В частности, включить список столбцов результата для каждого узла в дереве плана, дополнить схемой имена таблиц и функций, всегда указывать для переменных в выражениях псевдоним их таблицы, а также выводить имена всех триггеров, для которых выдаётся статистика. По умолчанию этот параметр равен FALSE.

COSTS

Вывести рассчитанную стоимость запуска и общую стоимость каждого узла плана, а также рассчитанное число строк и ширину каждой строки. Этот параметр по умолчанию равен TRUE.

SETTINGS

Вывести информацию о параметрах конфигурации. А именно, будут выведены параметры, влияющие на планирование, значения которых отличаются от стандартных значений по умолчанию. В отсутствие данного указания подразумевается FALSE (эта информация не выводится).

BUFFERS

Включить информацию об использовании буфера. В частности, вывести число попаданий, блоков прочитанных, загрязнённых и записанных в разделяемом и локальном буфере, число прочитанных и записанных временных блоков, а также время в миллисекундах, потраченное на чтение и запись файловых блоков, если включён параметр track_io_timing. *Попаданием* (hit) считается ситуация, когда требуемый блок уже находится в кеше и чтения с диска удаётся избежать. Блоки в общем буфере содержат данные обычных таблиц и индексов, в локальном — данные временных таблиц и индексов, а временные блоки предназначены для краткосрочного использования при выполнении сортировки, хеширования, материализации и подобных узлов плана. Число *загрязнённых* блоков (dirtied) показывает, сколько ранее не модифицированных блоков изменила данная операция; тогда как число *записанных* блоков (written) показывает, сколько ранее загрязнённых блоков данный серверный процесс вынес из кеша при обработке запроса. Значения, указываемые для узла верхнего уровня, включают значения всех его дочерних узлов. В текстовом формате выводятся только ненулевые значения. Этот параметр действует только в режиме ANALYZE. По умолчанию его значение равно FALSE.

WAL

Включить информацию о формировании записей WAL. В частности, вывести число записей, число полных образов страниц (fpi, full page images) и объём сгенерированных записей в байтах. В текстовом формате выводятся только ненулевые значения. Этот параметр может использоваться, только если также включён режим ANALYZE. По умолчанию он отключён (FALSE).

TIMING

Включить в вывод фактическое время запуска и время, затраченное на каждый узел. Постоянное чтение системных часов может значительно замедлить запрос, так что если достаточно знать фактическое число строк, имеет смысл сделать этот параметр равным FALSE. Время выполнения всего оператора замеряется всегда, даже когда этот параметр выключен и на уровне узлов время не подсчитывается. Этот параметр действует только в режиме ANALYZE. По умолчанию его значение равно TRUE.

`SUMMARY`

Включить сводку (например, суммарное время) после плана запроса. Сводка включается по умолчанию, когда используется `ANALYZE`, но этот параметр позволяет получить её и с другими вариантами команды. Время планирования в `EXPLAIN EXECUTE` включает время извлечения плана из кеша и время перепланирования, если оно потребовалось.

`FORMAT`

Установить один из следующих форматов вывода: TEXT, XML, JSON или YAML. Последние три формата содержат ту же информацию, что и текстовый, но больше подходят для программного разбора. По умолчанию выбирается формат `TEXT`.

`boolean`

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать `TRUE`, `ON` или `1`, а для отключения — `FALSE`, `OFF` или `0`. Значение *`boolean`* можно опустить, в этом случае подразумевается `TRUE`.

`оператор`

Любой оператор `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `VALUES`, `EXECUTE`, `DECLARE`, `CREATE TABLE AS` и `CREATE MATERIALIZED VIEW AS`, план выполнения которого вас интересует.

Выводимая информация

Результатом команды будет текстовое описание плана, выбранного для *`оператора`*, возможно, дополненное статистикой выполнения. Представленная информация описана в Разделе 14.1.

Примечания

Чтобы планировщик запросов PostgreSQL был достаточно информирован для эффективной оптимизации запросов, данные в `pg_statistic` должны быть актуальными для всех таблиц, задействованных в запросе. Обычно об этом автоматически заботится демон автоочистки. Но если в таблице недавно произошли значительные изменения, может потребоваться вручную выполнить ANALYZE, не дожидаясь, пока автоочистка обработает эти изменения.

Измеряя фактическую стоимость выполнения каждого узла в плане, текущая реализация `EXPLAIN ANALYZE` привносит накладные расходы профилирования в выполнение запроса. В результате этого, при запуске запроса командой `EXPLAIN ANALYZE` он может выполняться значительно дольше, чем при обычном выполнении. Объём накладных расходов зависит от природы запроса, а также от используемой платформы. Худшая ситуация наблюдается для узлов плана, которые сами по себе выполняются очень быстро, и в операционных системах, где получение текущего времени относительно длительная операция.

Примеры

Получение плана простого запроса для таблицы, содержащей единственный столбец типа `integer`, с 10000 строк:

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo;

                       QUERY PLAN
---------------------------------------------------------
 Seq Scan on foo  (cost=0.00..155.00 rows=10000 width=4)
(1 row)
```

План того же запроса, но выведенный в формате JSON:

```
EXPLAIN (FORMAT JSON) SELECT * FROM foo;
           QUERY PLAN
--------------------------------
```

```
 [                            +
   {                          +
     "Plan": {                +
       "Node Type": "Seq Scan",+
       "Relation Name": "foo", +
       "Alias": "foo",         +
       "Startup Cost": 0.00,   +
       "Total Cost": 155.00,   +
       "Plan Rows": 10000,     +
       "Plan Width": 4         +
     }                        +
   }                          +
 ]
(1 row)
```

Если в таблице есть индекс, а в запросе присутствует условие `WHERE`, для которого полезен этот индекс, `EXPLAIN` может показать другой план:

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo WHERE i = 4;

                         QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------
 Index Scan using fi on foo  (cost=0.00..5.98 rows=1 width=4)
   Index Cond: (i = 4)
(2 rows)
```

План того же запроса, но в формате YAML:

```
EXPLAIN (FORMAT YAML) SELECT * FROM foo WHERE i='4';
          QUERY PLAN
-------------------------------
 - Plan:                      +
     Node Type: "Index Scan"  +
     Scan Direction: "Forward"+
     Index Name: "fi"         +
     Relation Name: "foo"     +
     Alias: "foo"             +
     Startup Cost: 0.00       +
     Total Cost: 5.98         +
     Plan Rows: 1             +
     Plan Width: 4            +
     Index Cond: "(i = 4)"
(1 row)
```

Рассмотрение формата XML оставлено в качестве упражнения для читателя.

План того же запроса без вывода оценок стоимости:

```
EXPLAIN (COSTS FALSE) SELECT * FROM foo WHERE i = 4;

        QUERY PLAN
----------------------------
 Index Scan using fi on foo
   Index Cond: (i = 4)
(2 rows)
```

Пример плана для запроса с агрегатной функцией:

```
EXPLAIN SELECT sum(i) FROM foo WHERE i < 10;

                             QUERY PLAN
```

```
---------------------------------------------------------------------
 Aggregate  (cost=23.93..23.93 rows=1 width=4)
   ->  Index Scan using fi on foo  (cost=0.00..23.92 rows=6 width=4)
         Index Cond: (i < 10)
(3 rows)
```

Пример использования `EXPLAIN EXECUTE` для отображения плана выполнения подготовленного запроса:

```
PREPARE query(int, int) AS SELECT sum(bar) FROM test
    WHERE id > $1 AND id < $2
    GROUP BY foo;

EXPLAIN ANALYZE EXECUTE query(100, 200);

                                                       QUERY PLAN

-------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------
 HashAggregate  (cost=9.54..9.54 rows=1 width=8) (actual time=0.156..0.161 rows=11
 loops=1)
   Group Key: foo
   ->  Index Scan using test_pkey on test  (cost=0.29..9.29 rows=50 width=8) (actual
 time=0.039..0.091 rows=99 loops=1)
         Index Cond: ((id > $1) AND (id < $2))
 Planning time: 0.197 ms
 Execution time: 0.225 ms
(6 rows)
```

Разумеется, конкретные числа, показанные здесь, зависят от фактического содержимого задействованных таблиц. Также учтите, что эти числа и даже выбранная стратегия выполнения запроса могут меняться от версии к версии PostgreSQL вследствие усовершенствования планировщика. Кроме того, команда `ANALYZE` при обработке статистических данных производит случайные выборки, так что оценки стоимости могут меняться при каждом чистом запуске `ANALYZE`, даже когда фактическое распределение данных в таблице не меняется.

Совместимость

Оператор `EXPLAIN` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ANALYZE

FETCH

FETCH — получить результат запроса через курсор

Синтаксис

```
FETCH [ направление ] [ FROM | IN ] имя_курсора

Здесь допускается направление:

    NEXT
    PRIOR
    FIRST
    LAST
    ABSOLUTE число
    RELATIVE число
    число
    ALL
    FORWARD
    FORWARD число
    FORWARD ALL
    BACKWARD
    BACKWARD число
    BACKWARD ALL
```

Описание

`FETCH` получает строки через ранее созданный курсор.

Курсор связан с определённым положением, что и использует команда `FETCH`. Курсор может располагаться перед первой строкой результата запроса, на любой строке этого результата, либо после последней строки. При создании курсор оказывается перед первой строкой. Когда `FETCH` доходит до конца набора строк, курсор остаётся в положении после последней строки, либо перед первой, при движении назад. После команд `FETCH ALL` и `FETCH BACKWARD ALL` курсор всегда оказывается после последней строки или перед первой, соответственно.

Формы `NEXT`, `PRIOR`, `FIRST`, `LAST`, `ABSOLUTE` и `RELATIVE` выбирают одну строку после соответствущего перемещения курсора. Если в этом положении строки не оказывается, возвращается пустой результат, а курсор остаётся в достигнутом положении перед первой строкой или после последней.

Формы `FORWARD` и `BACKWARD` получают указанное число строк, сдвигаясь соответственно вперёд или назад; в результате курсор оказывается на последней выданной строке (или перед/после всех строк, если *число* превышает количество доступных строк).

Формы `RELATIVE 0`, `FORWARD 0` и `BACKWARD 0` действуют одинаково — они считывают текущую строку, не перемещая курсор, то есть, повторно выбирая строку, выбранную последней. Эта операция будет успешна, только если курсор не расположен до первой или после последней строки; в этом случае строка возвращена не будет.

> **Примечание**
>
> На этой странице описывается применение курсоров на уровне команд SQL. Если вы попытаетесь использовать курсоры внутри функции PL/pgSQL, правила будут другими — см. Подраздел 42.7.3.

Параметры

направление

Параметр *направление* задаёт направление движения и число выбираемых строк. Он может принимать одно из следующих значений:

`NEXT`

Выбрать следующую строку. Это действие подразумевается по умолчанию, если *направление* опущено.

`PRIOR`

Выбрать предыдущую строку.

`FIRST`

Выбрать первую строку запроса (аналогично указанию `ABSOLUTE 1`).

`LAST`

Выбрать последнюю строку запроса (аналогично `ABSOLUTE -1`).

`ABSOLUTE` *число*

Выбрать строку под номером *число* с начала, либо под номером `abs(`*число*`)` с конца, если *число* отрицательно. Если *число* выходит за границы набора строк, курсор размещается перед первой или после последней строки; в частности, с `ABSOLUTE 0` курсор оказывается перед первой строкой.

`RELATIVE` *число*

Выбрать строку под номером *число*, считая со следующей вперёд, либо под номером `abs(`*число*`)`, считая с предыдущей назад, если *число* отрицательно. `RELATIVE 0` повторно считывает текущую строку, если таковая имеется.

число

Выбрать следующее *число* строк (аналогично `FORWARD` *число*).

`ALL`

Выбрать все оставшиеся строки (аналогично `FORWARD ALL`).

`FORWARD`

Выбрать следующую строку (аналогично `NEXT`).

`FORWARD` *число*

Выбрать следующее *число* строк. `FORWARD 0` повторно выбирает текущую строку.

`FORWARD ALL`

Выбрать все оставшиеся строки.

`BACKWARD`

Выбрать предыдущую строку (аналогично `PRIOR`).

`BACKWARD` *число*

Выбрать предыдущее *число* строк (с перемещением назад). `BACKWARD 0` повторно выбирает текущую строку.

`BACKWARD ALL`

Выбрать все предыдущие строки (с перемещением назад).

число

Здесь *число* — целочисленная константа, возможно со знаком, определяющая смещение или количество выбираемых строк. Для вариантов FORWARD и BACKWARD указание отрицательного *числа* равнозначно смене направления FORWARD на BACKWARD и наоборот.

имя_курсора

Имя открытого курсора.

Выводимая информация

При успешном выполнении FETCH возвращает метку команды вида

```
FETCH число
```

Здесь *count* — количество выбранных строк (может быть и нулевым). Заметьте, что в psql метка команды не выдаётся, так как вместо неё psql выводит выбранные строки.

Примечания

Если перемещение курсора в FETCH не ограничивается вариантами FETCH NEXT или FETCH FORWARD с положительным числом, курсор должен быть объявлен с указанием SCROLL. Для простых запросов PostgreSQL допускает обратное перемещение курсора, объявленного без SCROLL, но на это поведение лучше не рассчитывать. Если курсор объявлен с указанием NO SCROLL, перемещение назад запрещается.

Вариант ABSOLUTE нисколько не быстрее, чем перемещение к требуемой строке с относительным сдвигом: нижележащий механизм всё равно должен прочитать все промежуточные строки. Выборки по абсолютному отрицательному положению ещё хуже: сначала запрос необходимо прочитать до конца и найти последнюю строку, а затем вернуться назад к указанной строке. Однако перемотка к началу запроса (FETCH ABSOLUTE 0) выполняется быстро.

Определить курсор позволяет команда DECLARE, а переместить его, не читая данные, — команда MOVE.

Примеры

Следующий пример демонстрирует перемещение курсора в таблице:

```
BEGIN WORK;

-- Создание курсора:
DECLARE liahona SCROLL CURSOR FOR SELECT * FROM films;

-- Получение первых 5 строк через курсор liahona:
FETCH FORWARD 5 FROM liahona;

 code  |          title          | did | date_prod  |   kind   |  len
-------+-------------------------+-----+------------+----------+-------
 BL101 | The Third Man           | 101 | 1949-12-23 | Drama    | 01:44
 BL102 | The African Queen       | 101 | 1951-08-11 | Romantic | 01:43
 JL201 | Une Femme est une Femme | 102 | 1961-03-12 | Romantic | 01:25
 P_301 | Vertigo                 | 103 | 1958-11-14 | Action   | 02:08
 P_302 | Becket                  | 103 | 1964-02-03 | Drama    | 02:28

-- Получение предыдущей строки:
FETCH PRIOR FROM liahona;

 code  |  title  | did | date_prod  |  kind  |  len
-------+---------+-----+------------+--------+-------
 P_301 | Vertigo | 103 | 1958-11-14 | Action | 02:08
```

```
-- Закрытие курсора и завершение транзакции:
CLOSE liahona;
COMMIT WORK;
```

Совместимость

В стандарте SQL команда `FETCH` определена только для встраиваемого SQL. Описанная здесь реализация `FETCH` возвращает данные подобно оператору `SELECT`, а не помещает их в переменные исполняющей среды. В остальном, `FETCH` полностью прямо-совместима со стандартом SQL.

Формы `FETCH` с `FORWARD` и `BACKWARD`, а также формы `FETCH` *`число`* и `FETCH ALL` (в которых `FORWARD` подразумевается) являются расширениями PostgreSQL.

В стандарте SQL перед именем курсора допускается только указание `FROM`; возможность указать `IN` или опустить оба указания относится к расширениям.

См. также

CLOSE, DECLARE, MOVE

GRANT

GRANT — определить права доступа

Синтаксис

```
GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
         | ALL TABLES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | REFERENCES } ( имя_столбца [, ...] )
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] ( имя_столбца [, ...] ) }
    ON [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { SEQUENCE имя_последовательности [, ...]
         | ALL SEQUENCES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { CREATE | CONNECT | TEMPORARY | TEMP } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DATABASE имя_бд [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DOMAIN имя_домена [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN SERVER имя_сервера [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { { FUNCTION | PROCEDURE | ROUTINE } имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ]
 [ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
         | ALL { FUNCTIONS | PROCEDURES | ROUTINES } IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LANGUAGE имя_языка [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { SELECT | UPDATE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LARGE OBJECT oid_БО [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { CREATE | USAGE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SCHEMA имя_схемы [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TABLESPACE табл_пространство [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TYPE имя_типа [, ...]
    TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT имя_роли [, ...] TO указание_роли [, ...]
    [ WITH ADMIN OPTION ]
    [ GRANTED BY указание_роли ]

Здесь указание_роли:

    [ GROUP ] имя_роли
  | PUBLIC
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER
```

Описание

Команда GRANT имеет две основные разновидности: первая назначает права для доступа к объектам баз данных (таблицам, столбцам, представлениям, сторонним таблицам, последовательностям, базам данных, обёрткам сторонних данных, сторонним серверам, функциям, процедурам, процедурным языкам, схемам или табличным пространствам), а вторая назначает одни роли членами других. Эти разновидности во многом похожи, но имеют достаточно отличий, чтобы рассматривать их отдельно.

GRANT для объектов баз данных

Эта разновидность команды GRANT даёт одной или нескольким ролям определённые права для доступа к объекту базы данных. Эти права добавляются к списку имеющихся, если роль уже наделена какими-то правами.

Ключевое слово PUBLIC означает, что права даются всем ролям, включая те, что могут быть созданы позже. PUBLIC можно воспринимать как неявно определённую группу, в которую входят все роли. Любая конкретная роль получит в сумме все права, данные непосредственно ей и ролям, членом которых она является, а также права, данные роли PUBLIC.

Если указано WITH GRANT OPTION, получатель права, в свою очередь, может давать его другим. Без этого указания распоряжаться своим правом он не сможет. Группе PUBLIC право передачи права дать нельзя.

Нет необходимости явно давать права для доступа к объекту его владельцу (обычно это пользователь, создавший объект), так как по умолчанию он имеет все права. (Однако владелец может лишить себя прав в целях безопасности.)

Право удалять объект или изменять его определение произвольным образом не считается назначаемым; оно неотъемлемо связано с владельцем, так что отозвать это право или дать его кому-то другому нельзя. (Однако похожий эффект можно получить, управляя членством в роли, владеющей объектом; см. ниже.) Владелец также неявно получает право распоряжения всеми правами для своего объекта.

Возможные права:

SELECT
INSERT
UPDATE
DELETE
TRUNCATE
REFERENCES
TRIGGER
CREATE
CONNECT
TEMPORARY
EXECUTE
USAGE

Определённые типы прав, описанные в Разделе 5.7.

TEMP

Альтернативное написание TEMPORARY.

ALL PRIVILEGES

Даёт целевой роли все права, применимые к данному объекту. Ключевое слово PRIVILEGES является необязательным в PostgreSQL, хотя в стандарте SQL оно требуется.

Синтаксис FUNCTION распространяется на обычные, агрегатные и оконные функции, но не на процедуры; для последних предназначен синтаксис PROCEDURE. Также можно использовать вариант с ROUTINE, охватывающий обычные, агрегатные и оконные функции, а также процедуры, вне зависимости от точного типа объекта.

Также можно дать роли некоторое право для всех объектов одного типа в одной или нескольких схемах. Эта функциональность в настоящее время поддерживается только для таблиц, последовательностей, функций и процедур. ALL TABLES распространяется и на представления со сторонними таблицами так же, как и вариант GRANT для конкретного объекта. ALL FUNCTIONS распространяется также на агрегатные и оконные функции, но не на процедуры, тоже подобно варианту GRANT для конкретного объекта. Чтобы охватить и процедуры, воспользуйтесь формой ALL ROUTINES.

GRANT для ролей

Эта разновидность команды GRANT включает роль в члены одной или нескольких других ролей. Членство в ролях играет важную роль, так как права, данные роли, распространяются и на всех её членов.

Получивший членство в роли с указанием WITH ADMIN OPTION сможет, в свою очередь, включать в члены этой роли, а также исключать из неё другие роли. Без этого указания обычные пользователи не могут это делать. Считается, что роль не имеет права WITH ADMIN OPTION для самой себя, но ей позволено управлять своими членами из сеанса, в котором пользователь сеанса соответствует данной роли. Суперпользователи баз данных могут включать или исключать любые роли из любых ролей. Роли с правом CREATEROLE могут управлять членством в любых ролях, кроме ролей суперпользователей.

С указанием GRANTED BY назначение права сохраняется как данное указанной ролью. Это указание в полной мере могут использовать только суперпользователи базы данных, а обычному пользователю оно доступно, только если в этом указании задаётся имя его роли.

В отличие от прав, членство в ролях нельзя назначить группе PUBLIC. Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово GROUP в *указании_роли*.

Примечания

Для лишения субъектов прав доступа применяется команда REVOKE.

Начиная с PostgreSQL версии 8.1, концепции пользователей и групп объединены в единую сущность, названную ролью. Таким образом, теперь нет необходимости добавлять ключевое слово `GROUP`, чтобы показать, что субъект является группой, а не пользователем. Слово `GROUP` всё ещё принимается этой командой, но оно лишено смысловой нагрузки.

Пользователь может выполнять `SELECT`, `INSERT` и подобные команды со столбцом таблицы, если он имеет такое право для данного столбца или для всей таблицы. Если назначить пользователю требуемое право на уровне таблицы, а затем отозвать его для одного из столбцов, это не даст эффекта, которого можно было бы ожидать: операция с правами на уровне столбцов не затронет право на уровне таблицы.

Если назначить право доступа к объекту (с помощью `GRANT`) попытается не владелец объекта, команда завершится ошибкой, если пользователь не имеет никаких прав для этого объекта. Если же пользователь имеет какие-то права, команда будет выполняться, но пользователь сможет давать другим только те права, которые даны ему с правом передачи. Формы `GRANT ALL PRIVILEGES` будут выдавать предупреждение, если у него вовсе нет таких прав, тогда как другие формы будут выдавать предупреждения, если пользователь не имеет прав распоряжаться именно правами, указанными в команде. (В принципе, эти утверждения применимы и к владельцу объекта, но ему разрешено распоряжаться всеми правами, поэтому такие ситуации невозможны.)

Следует отметить, что суперпользователи баз данных могут обращаться к любым объектам, вне зависимости от наличия каких-либо прав. Это сравнимо с привилегиями пользователя `root` в системе Unix. И так же, как `root`, роль суперпользователя следует использовать только когда это абсолютно необходимо.

Если суперпользователь решит выполнить команду `GRANT` или `REVOKE`, она будет выполнена, как если бы её выполнял владелец заданного объекта. В частности, права, назначенные такой командой, будут представлены как права, назначенные владельцем объекта. (Если так же установить членство в роли, оно будет представлено как назначенное самой ролью.)

`GRANT` и `REVOKE` также могут быть выполнены ролью, которая не является владельцем заданного объекта, но является членом роли-владельца, либо членом роли, имеющей права `WITH GRANT OPTION` для этого объекта. В этом случае права будут записаны как назначенные ролью, которая действительно владеет объектом, либо имеет право `WITH GRANT OPTION`. Например, если таблица `t1` принадлежит роли `g1`, членом которой является `u1`, то `u1` может дать права на использование `t1` роли `u2`, но эти права будут представлены, как назначенные непосредственно ролью `g1`. Отозвать эти права позже сможет любой член роли `g1`.

Если роль, выполняющая команду `GRANT`, получает требуемое право по нескольким путям членства, какая именно роль будет выбрана в качестве назначающей право, не определено. Если это важно, в таких случаях рекомендуется воспользоваться командой `SET ROLE` и переключиться на роль, которую хочется видеть в качестве выполняющей `GRANT`.

При назначении прав для доступа к таблице они автоматически не распространяются на последовательности, используемые этой таблицей, в том числе, на последовательности, связанные со столбцами `SERIAL`. Права доступа к последовательностям нужно назначать отдельно.

Подробнее о конкретных типах прав, а также о том, как просмотреть права, назначенные для объектов, рассказывается в Разделе 5.7.

Примеры

Следующая команда разрешает всем добавлять записи в таблицу `films`:

```
GRANT INSERT ON films TO PUBLIC;
```

Эта команда даёт пользователю `manuel` все права для представления `kinds`:

```
GRANT ALL PRIVILEGES ON kinds TO manuel;
```

Учтите, что если её выполнит суперпользователь или владелец представления `kinds`, эта команда действительно даст субъекту все права, но если её выполнит обычный пользователь, субъект получит только те права, которые даны этому пользователю с правом передачи.

Включение в роль `admins` пользователя `joe`:

```
GRANT admins TO joe;
```

Совместимость

Согласно стандарту SQL, слово `PRIVILEGES` в указании `ALL PRIVILEGES` является обязательным. Стандарт SQL не позволяет назначать права сразу для нескольких объектов одной командой.

PostgreSQL позволяет владельцу объекта лишить себя своих обычных прав: например, владелец таблицы может разрешить себе только чтение таблицы, отозвав собственные права `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `TRUNCATE`. В стандарте SQL это невозможно. Это объясняется тем, что PostgreSQL воспринимает права владельца как назначенные им же себе; поэтому их можно и отозвать. В стандарте SQL права владельца даются ему предполагаемой сущностью «_SYSTEM». Так как владелец объекта отличается от «_SYSTEM», лишить себя этих прав он не может.

Согласно стандарту SQL, право с правом передачи можно дать субъекту `PUBLIC`; однако PostgreSQL может давать право с правом передачи только ролям.

Стандарт SQL разрешает использовать указание `GRANTED BY` во всех формах `GRANT`. PostgreSQL поддерживает его только при назначении членства ролей, и при этом только суперпользователи могут использовать его нетривиальным образом.

В стандарте SQL право `USAGE` распространяется и на другие типы объектов: наборы символов, правила сортировки и преобразования.

В стандарте SQL право `USAGE` для последовательностей управляет использованием выражения `NEXT VALUE FOR`, которое равнозначно функции `nextval` в PostgreSQL. Права `SELECT` и `UPDATE` для последовательностей являются расширениями PostgreSQL. То, что право `USAGE` для последовательностей управляет использованием функции `currval`, так же относится к расширениям PostgreSQL (как и сама функция).

Права для баз данных, табличных пространств, схем и языков относятся к расширениям PostgreSQL.

См. также

REVOKE, ALTER DEFAULT PRIVILEGES

IMPORT FOREIGN SCHEMA

IMPORT FOREIGN SCHEMA — импортировать определения таблиц со стороннего сервера

Синтаксис

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA удалённая_схема
    [ { LIMIT TO | EXCEPT } ( имя_таблицы [, ...] ) ]
    FROM SERVER имя_сервера
    INTO локальная_схема
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Описание

`IMPORT FOREIGN SCHEMA` создаёт сторонние таблицы, которые представляют таблицы, существующие на стороннем сервере. Новые сторонние таблицы будут принадлежать пользователю, выполняющему команду, и будут содержать корректные определения столбцов и параметры, соответствующие удалённым таблицам.

По умолчанию импортируются все таблицы и представления, существующие в определённой схеме на стороннем сервере. По желанию список таблиц можно ограничить некоторым подмножеством, или исключить из него конкретные таблицы. Новые сторонние таблицы создаются в целевой схеме, которая должна уже существовать.

Чтобы использовать `IMPORT FOREIGN SCHEMA`, необходимо иметь право `USAGE` для стороннего сервера, а также право `CREATE` в целевой схеме.

Параметры

удалённая_схема

Удалённая схема, из которой будут импортированы объекты. Что именно представляет собой удалённая схема, зависит от применяемой обёртки сторонних данных.

`LIMIT TO (` *имя_таблицы* `[, ...] )`

Импортировать только сторонние таблицы с заданными именами. Другие таблицы, существующие в сторонней схеме, будут проигнорированы.

`EXCEPT (` *имя_таблицы* `[, ...] )`

Исключить из импорта указанные сторонние таблицы. Данная команда импортирует все таблицы, существующие в сторонней схеме, за исключением перечисленных в этом предложении.

имя_сервера

Сторонний сервер, с которого импортируется схема.

локальная_схема

Схема, в которой будут созданы импортируемые сторонние таблицы.

`OPTIONS (` *параметр* `'`*значение*`' [, ...] )`

Параметры, которые должны применяться при импорте. Допустимые имена параметров и их значения зависят от обёртки сторонних данных.

Примеры

Импорт определений таблиц из удалённой схемы `foreign_films` на сервере `film_server` с созданием сторонних таблиц в локальной схеме `films`:

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA foreign_films
    FROM SERVER film_server INTO films;
```

Та же операция, но импортируются только таблицы `actors` и `directors` (если они существуют):

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA foreign_films LIMIT TO (actors, directors)
    FROM SERVER film_server INTO films;
```

Совместимость

Команда `IMPORT FOREIGN SCHEMA` соответствует стандарту SQL, за исключением параметра `OPTIONS`, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE FOREIGN TABLE, CREATE SERVER

INSERT

INSERT — добавить строки в таблицу

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
INSERT INTO имя_таблицы [ AS псевдоним ] [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
    [ OVERRIDING { SYSTEM | USER } VALUE ]
    { DEFAULT VALUES | VALUES ( { выражение | DEFAULT } [, ...] ) [, ...] | query }
    [ ON CONFLICT [ объект_конфликта ] действие_при_конфликте ]
    [ RETURNING { * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] } [, ...] ]

Здесь допускается объект_конфликта:

    ( { имя_столбца_индекса | ( выражение_индекса ) } [ COLLATE правило_сортировки ]
 [ класс_операторов ] [, ...] ) [ WHERE предикат_индекса ]
    ON CONSTRAINT имя_ограничения

и действие_при_конфликте может быть следующим:

    DO NOTHING
    DO UPDATE SET { имя_столбца = { выражение | DEFAULT } |
                    ( имя_столбца [, ...] ) = [ ROW ] ( { выражение | DEFAULT }
 [, ...] ) |
                    ( имя_столбца [, ...] ) = ( вложенный_SELECT )
                  } [, ...]
              [ WHERE условие ]
```

Описание

`INSERT` добавляет строки в таблицу. Эта команда может добавить одну или несколько строк, сформированных выражениями значений, либо ноль или более строк, выданных дополнительным запросом.

Имена целевых столбцов могут перечисляться в любом порядке. Если список с именами столбцов отсутствует, по умолчанию целевыми столбцами становятся все столбцы заданной таблицы; либо первые *N* из них, если только *N* столбцов поступает от предложения `VALUES` или *`запроса`*. Значения, получаемые от предложения `VALUES` или *`запроса`*, связываются с явно или неявно определённым списком столбцов слева направо.

Все столбцы, не представленные в явном или неявном списке столбцов, получат значения по умолчанию, если для них заданы эти значения, либо NULL в противном случае.

Если выражение для любого столбца выдаёт другой тип данных, система попытается автоматически привести его к нужному.

Операция `INSERT` с таблицами без уникальных индексов не блокируется параллельно выполняемыми операциями. В таблицах с уникальными индексами эта операция может блокироваться, если в параллельных сеансах выполняются действия, которые блокируют или изменяют строки, совпадающие с вставляемыми значениями в уникальном индексе; подробнее см. Раздел 61.5. Предложение `ON CONFLICT` позволяет задать действие, заменяющее возникновение ошибки при нарушении ограничения уникальности или ограничения-исключения. (См. описание Предложение ON CONFLICT ниже.)

С необязательным предложением `RETURNING` команда `INSERT` вычислит и возвратит значения для каждой фактически добавленной строки (или изменённой, если применялось предложение `ON`

CONFLICT DO UPDATE). В основном это полезно для получения значений, присвоенных по умолчанию, например, последовательного номера записи. Однако в этом предложении можно задать любое выражение со столбцами таблицы. Список RETURNING имеет тот же синтаксис, что и список результатов SELECT. В результате будут возвращены те строки, которые были успешно вставлены или изменены. Например, если строка была заблокирована, но не изменена, из-за того, что *условие* в предложении ON CONFLICT DO UPDATE ... WHERE не удовлетворено, эта строка возвращена не будет.

Чтобы добавлять строки в таблицу, необходимо иметь право INSERT для неё. Если присутствует предложение ON CONFLICT DO UPDATE, также требуется иметь право UPDATE для этой таблицы.

Если указывается список столбцов, достаточно иметь право INSERT только для перечисленных столбцов. Аналогично, с предложением ON CONFLICT DO UPDATE достаточно иметь право UPDATE только для столбцов, которые будут изменены. Однако предложение ON CONFLICT DO UPDATE также требует наличия права SELECT для всех столбцов, значения которых считываются в выражениях ON CONFLICT DO UPDATE или в *условии*.

Для применения предложения RETURNING требуется право SELECT для всех столбцов, перечисленных в RETURNING. Если для добавления строк применяется *запрос*, для всех таблиц или столбцов, задействованных в этом запросе, разумеется, необходимо иметь право SELECT.

Параметры

Добавление

В этом разделе рассматриваются параметры, применяемые только при добавлении новых строк. Параметры, применяемые *исключительно* с предложением ON CONFLICT, описываются отдельно.

запрос_WITH

Предложение WITH позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно ссылаться по имени в запросе INSERT. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и SELECT.

Заданный *запрос* (оператор SELECT) также может содержать предложение WITH. В этом случае в *запросе* можно обращаться к обоим *запросам_WITH*, но второй будет иметь приоритет, так как он вложен ближе.

имя_таблицы

Имя существующей таблицы (возможно, дополненное схемой).

псевдоним

Альтернативное имя, заменяющее *имя_таблицы*. Когда указывается этот псевдоним, он полностью скрывает реальное имя таблицы. Это особенно полезно, когда в предложении ON CONFLICT DO UPDATE фигурирует таблица с именем excluded, так как без определения псевдонима это имя будет отдано специальной таблице, представляющей строку, предназначенную для добавления.

имя_столбца

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Это имя столбца при необходимости может быть дополнено именем вложенного поля или индексом в массиве. (Когда данные вставляются только в некоторые поля столбца составного типа, в другие поля записывается NULL.) Обращаясь к столбцу в предложении ON CONFLICT DO UPDATE, включать имя таблицы в ссылку на целевой столбец не нужно. Например, запись INSERT INTO table_name ... ON CONFLICT DO UPDATE SET table_name.col = 1 некорректна (это согласуется с общим поведением команды UPDATE).

OVERRIDING SYSTEM VALUE

Если указывается это предложение, то значения, предоставляемые для столбцов идентификации, переопределяют значения, выдаваемые последовательностью по умолчанию.

Для столбца идентификации, определённого со свойством GENERATED ALWAYS, считается ошибкой присваивание явного значения (кроме DEFAULT) без указания OVERRIDING SYSTEM VALUE или OVERRIDING USER VALUE. (Для столбца идентификации, определённого со свойством GENERATED BY DEFAULT, указание OVERRIDING SYSTEM VALUE соответствует обычному поведению и ни на что не влияет, но PostgreSQL допускает его как дополнение.)

OVERRIDING USER VALUE

Если указывается это предложение, то значения, предоставляемые для столбцов идентификации, игнорируются и вместо них применяются значения, выдаваемые последовательностью по умолчанию.

Это предложение полезно, например, при копировании значений между таблицами. Команда INSERT INTO tbl2 OVERRIDING USER VALUE SELECT * FROM tbl1 скопирует из tbl1 все столбцы, кроме столбцов идентификации в tbl2, а значения столбцов идентификации в tbl2 будут сгенерированы последовательностями в tbl2.

DEFAULT VALUES

Все столбцы получат значения по умолчанию, как в случая явного указания DEFAULT для каждого столбца. (Предложение OVERRIDING в этой форме не допускается.)

выражение

Выражение или значение, которое будет присвоено соответствующему столбцу.

DEFAULT

Соответствующий столбец получит значение по умолчанию. Столбец идентификации получит новое значение, выданное связанной последовательностью. Для генерируемого столбца это указание допускается, но не меняет обычное поведение, то есть значение столбца вычисляется генерирующим выражением.

query

Запрос (оператор SELECT), который выдаст строки для добавления в таблицу. Его синтаксис описан в справке оператора SELECT.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой INSERT после добавления или изменения каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы*. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать *.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Предложение ON CONFLICT

Необязательное предложение ON CONFLICT задаёт действие, заменяющее возникновение ошибки при нарушении ограничения уникальности или ограничения-исключения. Для каждой отдельной строки, предложенной для добавления, добавление либо выполняется успешно, либо, если нарушается *решающее* ограничение или индекс, задаваемые как *объект_конфликта*, выполняется альтернативное *действие_конфликта*. Вариант ON CONFLICT DO NOTHING в качестве альтернативного действия просто отменяет добавление строки. Вариант ON CONFLICT DO UPDATE изменяет существующую строку, вызвавшую конфликт со строкой, предложенной для добавления.

Задаваемый *объект_конфликта* может *выбирать уникальный индекс*. Определение объекта, позволяющее выбрать индекс, включает один или несколько столбцов (их определяет *имя_столбца_индекса*) и/или *выражение_индекса* и необязательный *предикат_индекса*. Все уникальные индексы в таблице *имя_таблицы*, которые, без учёта порядка столбцов, содержат в точности столбцы/выражения, определяющие *объект_конфликта*, выбираются как решающие индексы. Если указывается *предикат_индекса*, он должен, в качестве дополнительного требования выбора, удовлетворять индексам. Заметьте, что это означает, что не частичный уникальный индекс (уникальный индекс без предиката) будет выбран (и будет использоваться в ON CONFLICT), если такой индекс удовлетворяет всем остальным критериям. Если попытка выбрать индекс оказывается неудачной, выдаётся ошибка.

ON CONFLICT DO UPDATE гарантирует атомарный результат команды INSERT или UPDATE; при отсутствии внешних ошибок гарантируется один из двух этих исходов, даже при большой параллельной активности. Эта операция также известна как *UPSERT* — «UPDATE или INSERT».

объект_конфликта

Определяет, для какого именно конфликта в ON CONFLICT будет предпринято альтернативное действие, устанавливая *решающие индексы*. Это указание позволяет осуществить *выбор уникального индекса* или явно задаёт имя ограничения. Для ON CONFLICT DO NOTHING *объект_конфликта* может не указываться; в этом случае игнорироваться будут все конфликты с любыми ограничениями (и уникальными индексами). Для ON CONFLICT DO UPDATE *объект_конфликта* *должен* указываться.

действие_при_конфликте

Параметр *действие_при_конфликте* задаёт альтернативное действие в случае конфликта. Это может быть либо DO NOTHING (не делать ничего), либо предложение DO UPDATE (произвести изменение), в котором указываются точные детали операции UPDATE, выполняемой в случае конфликта. Предложения SET и WHERE в ON CONFLICT DO UPDATE могут обращаться к существующей строке по имени таблицы (или псевдониму) или к строке, предлагаемой для добавления, используя специальную таблицу excluded. Для чтения столбцов excluded необходимо иметь право SELECT для соответствующих столбцов в целевой таблице.

Заметьте, что эффект действий всех триггеров уровня строк BEFORE INSERT отражается в значениях excluded, так как в результате этих действий строка может быть исключена из множества добавляемых.

имя_столбца_индекса

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Используется для выбора решающих индексов. Задаётся в формате CREATE INDEX. Чтобы запрос выполнился, для столбца *имя_столбца_индекса* требуется право SELECT.

выражение_индекса

Подобно указанию *имя_столбца_индекса*, но применяется для выбора индекса по выражениям со столбцами таблицы *имя_таблицы*, фигурирующим в определениях индексов (не по простым столбцам). Задаётся в формате CREATE INDEX. Для всех столбцов, к которым обращается *выражение_индекса*, необходимо иметь право SELECT.

правило_сортировки

Когда задаётся, устанавливает, что соответствующие *имя_столбца_индекса* или *выражение_индекса* должны использовать определённый порядок сортировки, чтобы этот индекс мог быть выбран. Обычно это указание опускается, так как от правил сортировки чаще всего не зависит, произойдёт ли нарушение ограничений или нет. Задаётся в формате CREATE INDEX.

класс_операторов

Когда задаётся, устанавливает, что соответствующие *имя_столбца_индекса* или *выражение_индекса* должны использовать определённый класс, чтобы индекс мог быть выбран. Обычно это указание опускается, потому что семантика *равенства* часто всё равно одна и та же в разных классах операторов типа, или потому что достаточно рассчитывать на то, что заданные уникальные индексы имеют адекватное определение равенства. Задаётся в формате CREATE INDEX.

предикат_индекса

Используется для выбора частичных уникальных индексов. Выбраны могут быть любые индексы, удовлетворяющие предикату (при этом они могут не быть собственно частичными индексами). Задаётся в формате `CREATE INDEX`. Для всех столбцов, задействованных в *предикате_индекса*, требуется право `SELECT`.

имя_ограничения

Явно задаёт решающее *ограничение* по имени, что заменяет неявный выбор ограничения или индекса.

условие

Выражение, выдающее значение типа `boolean`. Изменены будут только те строки, для которых это выражение выдаст `true`, хотя при выборе действия `ON CONFLICT DO UPDATE` заблокируются все строки. Заметьте, что *условие* вычисляется в конце, после того как конфликт был признан претендующим на выполнение изменения.

Заметьте, что ограничения-исключения не могут быть решающими в `ON CONFLICT DO UPDATE`. Во всех случаях в качестве решающих поддерживаются только неоткладываемые (`NOT DEFERRABLE`) ограничения и уникальные индексы.

Команда `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` является «детерминированной». Это означает, что этой команде не разрешено воздействовать на любую существующую строку больше одного раза; в случае такой ситуации возникнет ошибка нарушения мощности множества. Строки, предлагаемые для добавления, не должны дублироваться с точки зрения атрибутов, ограничиваемых решающим индексом или ограничением.

Заметьте, что в настоящий момент не поддерживается ситуация, когда конструкция `ON CONFLICT DO UPDATE` команды `INSERT`, применяемой к секционированной таблице, изменяет ключ секционирования в конфликтующей строке так, что эта строка должна быть перенесена в новую секцию.

> **Подсказка**
>
> Часто предпочтительнее использовать неявный выбор уникального индекса вместо непосредственного указания ограничения в виде `ON CONFLICT ON CONSTRAINT` *имя_ограничения*. Выбор продолжит корректно работать, когда нижележащий индекс будет заменён другим более или менее равнозначным индексом методом наложения, например, с использованием `CREATE UNIQUE INDEX ... CONCURRENTLY` и последующим удалением заменяемого индекса.

Выводимая информация

В случае успешного завершения `INSERT` возвращает метку команды в виде

`INSERT` *oid число*

Здесь *число* представляет количество добавленных или изменённых строк. Поле *oid* всегда содержит 0 (раньше в нём выводился OID, присвоенный добавленной строке, когда *число* равнялось 1 и целевая таблица была создана с указанием `WITH OIDS`, а в противном случае — 0; теперь же создание таблицы с характеристикой `WITH OIDS` не поддерживается).

Если команда `INSERT` содержит предложение `RETURNING`, её результат будет похож на результат оператора `SELECT` (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке `RETURNING`), полученный для строк, добавленных или изменённых этой командой.

Примечания

Если целевая таблица является секционированной, каждая строка перенаправляется в соответствующую секцию и вставляется в неё. Если целевая таблица является секцией и какая-либо из входных строк нарушает ограничение этой секции, происходит ошибка.

Примеры

Добавление одной строки в таблицу `films`:

```
INSERT INTO films VALUES
    ('UA502', 'Bananas', 105, '1971-07-13', 'Comedy', '82 minutes');
```

В этом примере столбец `len` опускается и, таким образом, получает значение по умолчанию:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
    VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, '1961-06-16', 'Drama');
```

В этом примере для столбца с датой задаётся указание `DEFAULT`, а не явное значение:

```
INSERT INTO films VALUES
    ('UA502', 'Bananas', 105, DEFAULT, 'Comedy', '82 minutes');
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
    VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, DEFAULT, 'Drama');
```

Добавление строки, полностью состоящей из значений по умолчанию:

```
INSERT INTO films DEFAULT VALUES;
```

Добавление нескольких строк с использованием многострочного синтаксиса `VALUES`:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind) VALUES
    ('B6717', 'Tampopo', 110, '1985-02-10', 'Comedy'),
    ('HG120', 'The Dinner Game', 140, DEFAULT, 'Comedy');
```

В этом примере в таблицу `films` вставляются некоторые строки из таблицы `tmp_films`, имеющей ту же структуру столбцов, что и `films`:

```
INSERT INTO films SELECT * FROM tmp_films WHERE date_prod < '2004-05-07';
```

Этот пример демонстрирует добавление данных в столбцы с типом массива:

```
-- Создание пустого поля 3x3 для игры в крестики-нолики
INSERT INTO tictactoe (game, board[1:3][1:3])
    VALUES (1, '{{" "," "," "},{" "," "," "},{" "," "," "}}');
-- Указания индексов в предыдущей команде могут быть опущены
INSERT INTO tictactoe (game, board)
    VALUES (2, '{{X," "," "},{" ",O," "},{" ",X," "}}');
```

Добавление одной строки в таблицу `distributors` и получение последовательного номера, сгенерированного благодаря указанию `DEFAULT`:

```
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (DEFAULT, 'XYZ Widgets')
   RETURNING did;
```

Увеличение счётчика продаж для продавца, занимающегося компанией Acme Corporation, и сохранение всей изменённой строки вместе с текущим временем в таблице журнала:

```
WITH upd AS (
  UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 WHERE id =
    (SELECT sales_person FROM accounts WHERE name = 'Acme Corporation')
    RETURNING *
)
INSERT INTO employees_log SELECT *, current_timestamp FROM upd;
```

Добавить дистрибьюторов или изменить существующие данные должным образом. Предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did`. Заметьте, что для обращения к значениям, изначально предлагаемым для добавления, используется специальная таблица `excluded`:

```
INSERT INTO distributors (did, dname)
```

```
    VALUES (5, 'Gizmo Transglobal'), (6, 'Associated Computing, Inc')
    ON CONFLICT (did) DO UPDATE SET dname = EXCLUDED.dname;
```

Добавить дистрибьютора или не делать ничего для строк, предложенных для добавления, если уже есть существующая исключающая строка (строка, содержащая конфликтующие значения в столбце или столбцах после срабатывания триггеров перед добавлением строки). В данном примере предполагается, что определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did`:

```
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (7, 'Redline GmbH')
    ON CONFLICT (did) DO NOTHING;
```

Добавить дистрибьюторов или изменить существующие данные должным образом. В данном примере предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did`. Предложение `WHERE` позволяет ограничить набор фактически изменяемых строк (однако любая существующая строка, не подлежащая изменению, всё же будет заблокирована):

```
-- Не менять данные существующих дистрибьюторов в зависимости от почтового индекса
INSERT INTO distributors AS d (did, dname) VALUES (8, 'Anvil Distribution')
    ON CONFLICT (did) DO UPDATE
    SET dname = EXCLUDED.dname || ' (formerly ' || d.dname || ')'
    WHERE d.zipcode <> '21201';

-- Указать имя ограничения непосредственно в операторе (связанный индекс
-- применяется для принятия решения о выполнении действия DO NOTHING)
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (9, 'Antwerp Design')
    ON CONFLICT ON CONSTRAINT distributors_pkey DO NOTHING;
```

Добавить дистрибьютора, если возможно; в противном случае не делать ничего (`DO NOTHING`). В данном примере предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did` по подмножеству строк, в котором логический столбец `is_active` содержит `true`:

```
-- Этот оператор может выбрать частичный уникальный индекс по "did"
-- с предикатом "WHERE is_active", а может и просто использовать
-- обычное ограничение уникальности по столбцу "did"
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (10, 'Conrad International')
    ON CONFLICT (did) WHERE is_active DO NOTHING;
```

Совместимость

`INSERT` соответствует стандарту SQL, но предложение `RETURNING` относится к расширениям PostgreSQL, как и возможность применять `WITH` с `INSERT` и возможность задавать альтернативное действие с `ON CONFLICT`. Кроме того, ситуация, когда список столбцов опущен, но не все столбцы получают значения из предложения `VALUES` или *запроса*, стандартом не допускается.

В стандарте SQL говорится, что предложение `OVERRIDING SYSTEM VALUE` может присутствовать, только если существует столбец идентификации, для которого всегда генерируется значение. PostgreSQL допускает это предложение в любом случае и игнорирует его в случае неприменимости.

Возможные ограничения предложения *запрос* описаны в справке SELECT.

LISTEN

LISTEN — ожидать уведомления

Синтаксис

```
LISTEN канал
```

Описание

`LISTEN` регистрирует текущий сеанс для получения уведомлений через канал с заданным именем (*канал*). Если текущий сеанс уже зарегистрирован и ожидает уведомлений через этот канал, ничего не происходит.

Когда вызывается команда `NOTIFY` *канал* (в текущем или другом сеансе, подключённом к той же базе данных), все сеансы, ожидающие уведомления через заданный канал, получают уведомление и каждый, в свою очередь, передаёт его подключённому клиентскому приложению.

Сеанс может отказаться от получения уведомлений через определённый канал с помощью команды `UNLISTEN`. Кроме того, подписка на любые уведомления автоматически отменяется при завершении сеанса.

Способ получения уведомлений клиентским приложением определяется программным интерфейсом PostgreSQL, который оно использует. Приложение, использующее библиотеку libpq, выполняет команду `LISTEN` как обычную команду SQL, а затем оно должно периодически вызывать функцию `PQnotifies`, чтобы проверить, не поступили ли новые уведомления. Другие интерфейсы, например libpgtcl, предоставляют более высокоуровневые методы для обработки событий уведомлений; на самом деле с libpgtcl разработчик приложения даже не должен непосредственно выполнять команды `LISTEN` и `UNLISTEN`. За дополнительными подробностями обратитесь к документации интерфейса, который вы используете.

Параметры

канал

Имя канала уведомлений (любой идентификатор).

Примечания

`LISTEN` начинает действовать при фиксировании транзакции. Если `LISTEN` или `UNLISTEN` выполняется в транзакции, которая затем откатывается, состояние подписки этого сеанса на уведомления не меняется.

Транзакция, в которой выполняется `LISTEN`, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

Существует условие гонки в момент подписки на уведомления: если параллельно фиксируемые транзакции передают уведомления, какие именно получит только что подписавшийся сеанс? Ответ таков: этот сеанс получит все события, зафиксированные после момента фиксирования в нём транзакции, регистрирующей подписку. Но в этот момент состояние базы данных может несколько отличаться от того, что транзакция могла наблюдать в своих запросах. Таким образом, правильной будет следующая методика использования `LISTEN`: сначала выполните (и зафиксируйте) эту команду, затем в новой транзакции проанализируйте текущее состояние базы данных, как того требует логика приложения, и только после этого обрабатывайте уведомления, сообщающие о последующих изменениях состояния базы. Несколько первых уведомлений могут относиться к изменениям, уже наблюдавшимся при предварительном анализе базы, но обычно это не является проблемой.

В описании NOTIFY использование `LISTEN` и `NOTIFY` рассматривается более подробно.

Примеры

Демонстрация процедуры ожидания/получения уведомления в psql:

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
```

Совместимость

Оператор `LISTEN` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

NOTIFY, UNLISTEN

LOAD

LOAD — загрузить файл разделяемой библиотеки

Синтаксис

```
LOAD 'имя_файла'
```

Описание

Эта команда загружает файл разделяемой библиотеки в адресное пространство сервера PostgreSQL. Если указанный файл был загружен ранее, эта команда не делает ничего. Файлы библиотек, содержащие функции на C, загружаются автоматически при первом вызове любой из этих функций. Поэтому явно выполнять `LOAD` обычно требуется только для загрузки библиотек, которые изменяют поведение сервера, внедряя свои обработчики, а не предоставляют некоторый набор функций.

Имя файла библиотеки обычно задаётся собственно именем файла, а полный путь определяется при просмотре пути поиска библиотек сервера (задаваемого в dynamic_library_path). Также в качестве имени может быть передан непосредственно полный путь. В любом случае расширение имени файла, стандартное для файлов разделяемых библиотек на данной платформе, можно опустить. Дополнительную информацию по этой теме можно найти в Подразделе 37.10.1.

Обычные пользователи (не суперпользователи) могут использовать `LOAD` только для загрузки файлов библиотек, расположенных в `$libdir/plugins/` — заданное *`имя_файла`* должно начинаться именно с этой строки. (Ответственность за то, чтобы в этом каталоге находились только «безопасные» библиотеки, лежит на администраторе баз данных.)

Совместимость

`LOAD` является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE FUNCTION

LOCK

LOCK — заблокировать таблицу

Синтаксис

```
LOCK [ TABLE ] [ ONLY ] имя [ * ] [, ...] [ IN режим_блокировки MODE ] [ NOWAIT ]

Где режим_блокировки может быть следующим:

    ACCESS SHARE | ROW SHARE | ROW EXCLUSIVE | SHARE UPDATE EXCLUSIVE
    | SHARE | SHARE ROW EXCLUSIVE | EXCLUSIVE | ACCESS EXCLUSIVE
```

Описание

`LOCK TABLE` получает блокировку на уровне таблицы, при необходимости ожидая освобождения таблицы от других конфликтующих блокировок. Если указано `NOWAIT`, `LOCK TABLE` не ждёт, пока таблица освободится: если блокировку нельзя получить немедленно, команда прерывается и выдаётся ошибка. Как только блокировка получена, она удерживается до завершения текущей транзакции. (Команды `UNLOCK TABLE` не существует; блокировки всегда освобождаются в конце транзакции.)

Когда блокируется представление, блокировка с тем же режимом рекурсивно распределяется на все отношения, фигурирующие в определяющем представление запросе.

Запрашивая автоматические блокировки для команд, работающих с таблицами, PostgreSQL всегда выбирает наименее ограничивающий режим блокировки из возможных. Оператор `LOCK TABLE` предназначен для случаев, когда требуется более сильная блокировка. Например, предположим, что приложение выполняет транзакцию на уровне изоляции `READ COMMITTED` и оно должно получать неизменные данные на протяжении всей транзакции. Для достижения этой цели можно получить для таблицы блокировку в режиме `SHARE`, прежде чем обращаться к ней. В результате параллельные изменения данных будут исключены и при последующих чтениях будет получено стабильное представление зафиксированных данных, так как режим блокировки `SHARE` конфликтует с блокировкой `ROW EXCLUSIVE`, запрашиваемой при записи, а `LOCK TABLE` *`имя`* `IN SHARE MODE` будет ждать, пока параллельные транзакции с блокировкой `ROW EXCLUSIVE` не будут зафиксированы или отменены. Таким образом, в момент получения такой блокировки не останется ни одной открытой незафиксированной операции записи; кроме того, никто не сможет записывать в таблицу, пока блокировка не будет снята.

Чтобы получить похожий эффект в транзакции на уровне изоляции `REPEATABLE READ` или `SERIALIZABLE`, необходимо выполнить оператор `LOCK TABLE` перед первым `SELECT` или оператором, изменяющим данные. Представление данных для транзакции уровня `REPEATABLE READ` или `SERIALIZABLE` будет заморожено в момент, когда начнёт выполняться этот запрос. Если команда `LOCK TABLE` выполняется в транзакции позже, она так же исключает параллельную запись, но не даёт гарантии, что транзакция будет читать последние зафиксированные данные.

Если в транзакции такого рода требуется изменять данные в таблице, для неё следует использовать режим блокировки `SHARE ROW EXCLUSIVE` вместо `SHARE`. Этот режим гарантирует, что в один момент времени будет выполняться только одна транзакция такого типа. Без этого ограничения возможна взаимоблокировка: две транзакции могут одновременно получить блокировки `SHARE`, после чего они не смогут получить блокировку `ROW EXCLUSIVE`, чтобы собственно выполнить изменения. (Заметьте, что собственные блокировки транзакции никогда не конфликтуют, так что транзакция может получить блокировку `ROW EXCLUSIVE`, когда она владеет блокировкой `SHARE` — но не тогда, когда блокировку `SHARE` удерживает другая транзакция.) Чтобы не допустить взаимоблокировок, убедитесь, что все транзакции запрашивают блокировки одних объектов в одинаковом порядке, и если для одного объекта запрашиваются блокировки в разных режимах, транзакции всегда должны запрашивать самую строгую блокировку.

Дополнительно о режимах и стратегиях блокировки можно узнать в Разделе 13.3.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы, для которой запрашивается блокировка. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, блокируется только заданная таблица. Без `ONLY` блокируется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

Команда `LOCK TABLE a, b;` равнозначна последовательности `LOCK TABLE a; LOCK TABLE b;`. Таблицы блокируются по одной в порядке, заданном в команде `LOCK TABLE`.

режим_блокировки

Режим блокировки определяет, с какой блокировкой будет конфликтовать данная. Режимы блокировок описаны в Разделе 13.3.

Если режим блокировки не указан, применяется самый строгий режим, `ACCESS EXCLUSIVE`.

`NOWAIT`

Указывает, что `LOCK TABLE` не должна ожидать освобождения конфликтующих блокировок: если запрошенная блокировка не может быть получена немедленно, транзакция прерывается.

Примечания

`LOCK TABLE ... IN ACCESS SHARE MODE` требует наличия права `SELECT` в целевой таблице. `LOCK TABLE ... IN ROW EXCLUSIVE MODE` требует наличия прав `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE` для целевой таблицы. Все другие формы `LOCK` требуют наличия права `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE` на уровне таблицы.

Пользователь, выполняющий операцию блокировки представления, должен иметь соответствующее право для этого представления. Кроме того, владелец представления должен иметь сопутствующие права в нижележащих базовых отношениях, хотя пользователь, устанавливающий блокировку, может этих прав не иметь.

Вне блока транзакции команда `LOCK TABLE` бесполезна: блокировка сохранится только до завершения операции. Поэтому PostgreSQL выдаёт ошибку при попытке применить `LOCK` не в блоке транзакции. Чтобы определить блок транзакции, используйте BEGIN и COMMIT (или ROLLBACK).

`LOCK TABLE` может устанавливать только блокировки на уровне таблицы, так что все имена режимов, включающие слово `ROW` (строка), не совсем корректны. Следует воспринимать их так, что в этих режимах пользователь намеревается получать в заблокированной таблице блокировки уровня строк. Также учтите, что в режиме `ROW EXCLUSIVE` устанавливается разделяемая блокировка таблицы. Заметьте, что применительно к `LOCK TABLE` все режимы блокировки действуют одинаково, отличаются только правила, определяющие, какой режим с каким конфликтует. Чтобы узнать, как получить блокировку именно на уровне строк, обратитесь к Подразделу 13.3.2 и разделу Предложение блокировки в описании SELECT.

Примеры

Получение блокировки `SHARE` для первичного ключа таблицы при добавлении записи в подчинённую таблицу:

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE MODE;
SELECT id FROM films
    WHERE name = 'Star Wars: Episode I - The Phantom Menace';
```

```
-- Если запись не будет возвращена, произойдёт откат транзакции
INSERT INTO films_user_comments VALUES
    (_id_, 'GREAT! I was waiting for it for so long!');
COMMIT WORK;
```

Установление блокировки `SHARE ROW EXCLUSIVE` в таблице первичного ключа перед выполнением операции удаления:

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE;
DELETE FROM films_user_comments WHERE id IN
    (SELECT id FROM films WHERE rating < 5);
DELETE FROM films WHERE rating < 5;
COMMIT WORK;
```

Совместимость

Команда `LOCK TABLE` отсутствует в стандарте SQL, в нём уровни изоляции транзакции определяются командой `SET TRANSACTION`. PostgreSQL поддерживает и этот вариант; подробнее это описано в SET TRANSACTION.

За исключением `ACCESS SHARE`, `ACCESS EXCLUSIVE` и `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, режимы блокировки в PostgreSQL и синтаксис `LOCK TABLE` совместимы с теми, что представлены в СУБД Oracle.

MOVE

MOVE — переместить курсор

Синтаксис

```
MOVE [ направление ] [ FROM | IN ] имя_курсора

Здесь допускается направление:

    NEXT
    PRIOR
    FIRST
    LAST
    ABSOLUTE число
    RELATIVE число
    число
    ALL
    FORWARD
    FORWARD число
    FORWARD ALL
    BACKWARD
    BACKWARD число
    BACKWARD ALL
```

Описание

`MOVE` перемещает курсор, не получая данные. Команда `MOVE` работает точно так же, как `FETCH`, но она не возвращает данные строк, а только перемещает курсор.

Команда `MOVE` поддерживает те же параметры, что и `FETCH`; за подробным описанием её синтаксиса и использования обратитесь к FETCH.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `MOVE` возвращает метку команды в виде

```
MOVE число
```

Здесь *число* показывает количество строк, которое бы выдала команда `FETCH` с такими же параметрами (оно может быть нулевым).

Примеры

```
BEGIN WORK;
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;

-- Пропустить первые 5 строк:
MOVE FORWARD 5 IN liahona;
MOVE 5

-- Выбрать 6-ю строку из курсора liahona:
FETCH 1 FROM liahona;
 code  | title  | did | date_prod  |  kind  |  len
-------+--------+-----+------------+--------+-------
 P_303 | 48 Hrs | 103 | 1982-10-22 | Action | 01:37
(1 row)
```

```
-- Закрыть курсор liahona и завершить транзакцию:
CLOSE liahona;
COMMIT WORK;
```

Совместимость

Оператор `MOVE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CLOSE, DECLARE, FETCH

NOTIFY

NOTIFY — сгенерировать уведомление

Синтаксис

```
NOTIFY канал [ , сообщение ]
```

Описание

Команда `NOTIFY` отправляет событие уведомления вместе с дополнительной строкой «сообщения» всем клиентским приложениям, которые до этого выполнили в текущей базе данных `LISTEN` *`канал`* с указанным именем канала. Уведомления видны всем пользователям.

`NOTIFY` предоставляет простой механизм межпроцессного взаимодействия для множества процессов, работающих с одной базой данных PostgreSQL. Вместе с уведомлением может быть передана строка сообщения, а передавая дополнительные данные через таблицы базы данных, можно создать более высокоуровневые механизмы обмена структурированными данными.

Информация, передаваемая клиенту с уведомлением, включает имя канала уведомлений, PID серверного процесса, управляющего сеансом, который выдал уведомление, и строку сообщения (она будет пустой, если сообщение не задано).

Выбор подходящих имён каналов и их назначения — дело проектировщика базы данных. Обычно имя канала совпадает с именем какой-либо таблицы в базе, а событие уведомления по сути означает «я изменила эту таблицу, посмотрите, что она содержит теперь». Однако команды `NOTIFY` и `LISTEN` не навязывают именно такой подход. Например, проектировщик базы данных может выбрать разные имена каналов, чтобы сигнализировать о разных типах изменений в одной таблице. Кроме того, строку сообщения тоже можно использовать для выделения различных событий.

Если требуется сигнализировать о факте изменений в определённой таблице, используя `NOTIFY`, можно применить полезный программный приём — поместить `NOTIFY` в триггер уровня оператора, который будет срабатывать при изменениях в таблице. При таком подходе уведомление будет выдаваться автоматически, так что прикладной программист не рискует случайно оставить какое-либо изменение без уведомления.

Транзакции оказывают значительное влияние на работу `NOTIFY`. Во-первых, если `NOTIFY` выполняется внутри транзакции, уведомления доставляются получателям после фиксирования транзакции и только в этом случае. Это разумно, так как в случае прерывания транзакции действие всех команд в ней аннулируется, включая `NOTIFY`. Однако это может обескуражить тех, кто ожидает, что уведомления будут приходить немедленно. Во-вторых, если ожидающий сеанс получает уведомление внутри транзакции, это событие не будет доставлено подключённому клиенту до завершения (фиксации или отката) транзакции. Это опять же объясняется тем, что если уведомление будет доставлено в рамках транзакции, которая затем будет прервана, может возникнуть желание как-то отменить его — но сервер не может «забрать назад» уведомление после того, как оно было отправлено клиенту. Поэтому уведомления доставляются только между транзакциями. Учитывая вышесказанное, в приложениях, применяющих `NOTIFY` для сигнализации в реальном времени, следует минимизировать размер транзакций.

Если в рамках одной транзакции в один канал поступило несколько уведомлений с одинаковым сообщением, подписчикам доставляется только один экземпляр уведомления. Если же сообщения различаются, уведомления будут всегда доставляться по отдельности. Так же уведомления, поступающие от разных транзакций, никогда не будут объединены в одно. Не считая фильтрации последующих экземпляров дублирующихся уведомлений, `NOTIFY` гарантирует, что уведомления от одной транзакции всегда доставляются в том же порядке, в каком были отправлены. Также гарантируется, что сообщения от разных транзакций поступают в порядке фиксирования этих транзакций.

Часто бывает, что клиент, выполнивший `NOTIFY`, ожидает уведомления на этом же канале. В этом случае он получит своё же уведомление, как и любой другой сеанс, ожидающий уведомления. В зависимости от логики приложения, это может привести к бессмысленным операциям, например, поиску изменений в таблице, которые и были внесены этим же сеансом. Этой дополнительной работы можно избежать, если проверить, не совпадает ли PID сигнализирующего процесса (указанный в данных события) с собственным PID сеанса (его можно узнать, обратившись к libpq). Если они совпадают, значит сеанс получил уведомление о собственных действиях, так что его можно игнорировать.

Параметры

канал

Имя канала для передачи уведомления (любой идентификатор).

сообщение

Строка «сообщения», которая будет передана вместе с уведомлением. Она должна задаваться простой текстовой константой. В стандартной конфигурации её длина должна быть меньше 8000 байт. (Если требуется передать двоичные данные или большой объём информации, лучше поместить их в таблицу базы данных и передать ключ этой записи.)

Примечания

Уведомления, которые были отправлены, но ещё не обработаны всеми ожидающими сеансами, содержатся в очереди. Если эта очередь переполняется, транзакции, в которых вызывается `NOTIFY`, будут завершены ошибкой при попытке фиксации. Очередь довольно велика (8 ГБ в стандартной конфигурации), так что её размера должно хватать практически во всех случаях, но если в сеансе выполняется `LISTEN`, а затем продолжается очень длительная транзакция, очередь не очищается. Как только эта очередь заполняется наполовину, в журнал записываются предупреждения, в которых указывается, какой сеанс препятствует очистке очереди. В этом случае следует добиться завершения текущей транзакции в указанном сеансе, чтобы очередь была очищена.

Функция `pg_notification_queue_usage` показывает, какой процент очереди в данный момент занят ожидающими уведомлениями. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 9.26.

Транзакция, в которой выполняется `NOTIFY`, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

pg_notify

Также отправить уведомление можно, используя функцию `pg_notify(text, text)`. Эта функция принимает в первом аргументе имя канала, а во втором текст сообщения. Гораздо удобнее использовать её, когда требуется работать с динамическими именами каналов и сообщениями.

Примеры

Демонстрация процедуры ожидания/получения уведомления в psql:

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
NOTIFY virtual, 'This is the payload';
Asynchronous notification "virtual" with payload "This is the payload" received from
 server process with PID 8448.

LISTEN foo;
SELECT pg_notify('fo' || 'o', 'pay' || 'load');
Asynchronous notification "foo" with payload "payload" received from server process
 with PID 14728.
```

Совместимость

Оператор `NOTIFY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

LISTEN, UNLISTEN

PREPARE

PREPARE — подготовить оператор к выполнению

Синтаксис

```
PREPARE имя [ ( тип_данных [, ...] ) ] AS оператор
```

Описание

`PREPARE` создаёт подготовленный оператор. Подготовленный оператор представляет собой объект на стороне сервера, позволяющий оптимизировать производительность приложений. Когда выполняется `PREPARE`, указанный оператор разбирается, анализируется и переписывается. При последующем выполнении команды `EXECUTE` подготовленный оператор планируется и исполняется. Такое разделение труда исключает повторный разбор запроса, при этом позволяет выбрать наилучший план выполнения в зависимости от определённых значений параметров.

Подготовленные операторы могут принимать параметры — значения, которые подставляются в оператор, когда он собственно выполняется. При создании подготовленного оператора к этим параметрам можно обращаться по порядковому номеру, используя запись `$1`, `$2` и т. д. Дополнительно можно указать список соответствующих типов данных параметров. Если тип данных параметра не указан или объявлен как `unknown` (неизвестный), тип выводится из контекста при первом обращении к этому параметру (если это возможно). При выполнении оператора фактические значения параметров передаются команде `EXECUTE`. За подробностями обратитесь к EXECUTE.

Подготовленные операторы существуют только в рамках текущего сеанса работы с БД. Когда сеанс завершается, система забывает подготовленный оператор, так что его надо будет создать снова, чтобы использовать дальше. Это также означает, что один подготовленный оператор не может использоваться одновременно несколькими клиентами базы данных; но каждый клиент может создать собственный подготовленный оператор и использовать его. Освободить подготовленный оператор можно вручную, выполнив команду DEALLOCATE.

Подготовленные операторы потенциально дают наибольший выигрыш в производительности, когда в одном сеансе выполняется большое число однотипных операторов. Отличие в производительности особенно значительно, если операторы достаточно сложны для планирования или перезаписи, например, когда в запросе объединяется множество таблиц или необходимо применить несколько правил. Если оператор относительно прост в этом плане, но сложен для выполнения, выигрыш от использования подготовленных операторов будет менее заметным.

Параметры

имя

Произвольное имя, назначаемое данному подготовленному оператору. Оно должно быть уникальным в рамках одного сеанса; это имя затем используется для выполнения или освобождения ранее подготовленного оператора.

тип_данных

Тип данных параметра подготовленного оператора. Если тип данных конкретного параметра не задан или задан как `unknown`, он будет выводиться из контекста при первом обращении к этому параметру. Для обращения к параметрам в самом подготовленном операторе используется запись `$1`, `$2` и т. д.

оператор

Любой оператор `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `VALUES`.

Примечания

Подготовленный оператор может выполняться с использованием либо *общего плана*, либо *специализированного*. Общий план не меняется при последующих выполнениях, тогда как специализированный план строится для определённого выполнения с учётом значений параметров, переданных при данном вызове. Использование общего плана снижает издержки планирования, но в ряде случаев специализированный план будет выполняться гораздо эффективнее, так как планировщик может подстроиться под значения параметров. (Разумеется, если у подготовленного оператора нет параметров, специализированный план не имеет смысла, поэтому всегда используется общий план.)

По умолчанию (то есть когда plan_cache_mode имеет значение `auto`), сервер автоматически выбирает, использовать ли для подготовленного оператора с параметрами общий или специализированный план. На данный момент это происходит по следующему принципу — первые пять выполнений производятся со специализированными планами и вычисляется средняя стоимость этих планов. Затем строится общий план и его примерная стоимость сравнивается со средней стоимостью специализированных. При последующих выполнениях общий план будет использоваться, если его стоимость, по сравнению со стоимостью специализированных, не настолько велика, чтобы оправдать повторное планирование.

Эту логику можно переопределить, чтобы выбирались только общие или только специализированные планы, установив для параметра `plan_cache_mode` значение `force_generic_plan` или `force_custom_plan`, соответственно. Это полезно в первую очередь тогда, когда оценка стоимости общего плана по какой-то причине оказывается заниженной, и он выбирается даже когда фактически его использование обходится гораздо дороже, чем использование специализированных планов.

Узнать, какой план выполнения выбирает PostgreSQL для подготовленного оператора, можно, воспользовавшись командой EXPLAIN. Например:

```
EXPLAIN EXECUTE имя(значения_параметров);
```

Если применяется общий план, он будет содержать символы параметров `$n`, тогда как в специализированном плане будут подставлены фактические значения параметров.

Более подробно о планировании запросов и статистике, которую собирает PostgreSQL для этих целей, можно узнать в документации ANALYZE.

Хотя основной смысл подготовленных операторов в том, чтобы избежать многократного разбора и планирования оператора, PostgreSQL будет принудительно заново анализировать и планировать выполнение оператора всякий раз, когда объекты базы данных, задействованные в операторе, подвергаются изменениям определения (DDL) со времени предыдущего использования подготовленного оператора. Кроме того, если от одного использования оператора к другому меняется значение search_path, оператор будет так же разобран заново с новым `search_path`. (Последнее поведение появилось в PostgreSQL 9.3.) С этими правилами использование подготовленного оператора по сути почти не отличается от выполнения одного и того же запроса снова и снова, но даёт выигрыш по скорости (если определения объектов не меняются), особенно если оптимальный план от раза к разу не меняется. Однако различия всё же могут проявиться — например, когда оператор обращается к таблице по неполному имени, а затем в схеме, стоящей в пути `search_path` раньше, создаётся другая таблица с таким же именем, автоматический пересмотр запроса не происходит, так как никакой объект в определении оператора не изменился. Однако если автоматический пересмотр произойдёт в результате других изменений, при последующем выполнении запроса будет задействована новая таблица.

Получить список всех доступных в сеансе подготовленных операторов можно, обратившись к системному представлению `pg_prepared_statements`.

Примеры

Создание подготовленного оператора для команды `INSERT`, который затем выполняется:

```
PREPARE fooplan (int, text, bool, numeric) AS
    INSERT INTO foo VALUES($1, $2, $3, $4);
EXECUTE fooplan(1, 'Hunter Valley', 't', 200.00);
```

Создание подготовленного оператора для команды `SELECT`, который затем выполняется:

```
PREPARE usrrptplan (int) AS
    SELECT * FROM users u, logs l WHERE u.usrid=$1 AND u.usrid=l.usrid
    AND l.date = $2;
EXECUTE usrrptplan(1, current_date);
```

В этом примере тип данных второго параметра не указывается, так что он выводится из контекста, в котором используется `$2`.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор `PREPARE`, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL. Эта версия оператора `PREPARE` имеет также несколько другой синтаксис.

См. также

DEALLOCATE, EXECUTE

PREPARE TRANSACTION

PREPARE TRANSACTION — подготовить текущую транзакцию для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
PREPARE TRANSACTION id_транзакции
```

Описание

`PREPARE TRANSACTION` подготавливает текущую транзакцию для двухфазной фиксации. После этой команды транзакция перестаёт быть связанной с текущим сеансом; её состояние полностью сохраняется на диске, и есть очень большая вероятность, что она будет успешно зафиксирована, даже если до этого времени работа базы данных будет прервана аварийно.

Подготовленную транзакцию затем можно зафиксировать или отменить командами COMMIT PREPARED и ROLLBACK PREPARED, соответственно. Эти команды можно вызывать из любого сеанса, не только из того, в котором эта транзакция создавалась.

С точки зрения сеанса, выполняющего команду, `PREPARE TRANSACTION` не отличается от `ROLLBACK`: после её выполнения не активна никакая транзакция, а результат действия подготовленной транзакции становится невидимым (Он окажется видимым снова, если транзакция будет зафиксирована.)

Если при выполнении команды `PREPARE TRANSACTION` по какой-то причине происходит сбой, команда действует как `ROLLBACK`: текущая транзакция откатывается.

Параметры

`id_транзакции`

Произвольный идентификатор, по которому затем на эту транзакцию будут ссылаться команды `COMMIT PREPARED` или `ROLLBACK PREPARED`. Идентификатор должен задаваться строковой константой не длиннее 200 байт и должен отличаться от идентификаторов любых других подготовленных на данный момент транзакций.

Примечания

`PREPARE TRANSACTION` не предназначена для использования в приложениях или интерактивных сеансах. Её задача — дать возможность внешнему менеджеру транзакций выполнять атомарные глобальные транзакции, охватывающие несколько баз данных или другие транзакционные ресурсы. Обычно применять `PREPARE TRANSACTION` следует только при разработке собственного менеджера транзакций.

Эта команда должна выполняться внутри блока транзакции. Начинает блок транзакции команда BEGIN.

В настоящее время команда `PREPARE` неспособна подготавливать транзакции, в которых выполнялись какие-либо действия с временными таблицами или во временном пространстве имён сеанса, создавались курсоры `WITH HOLD` либо выполнялись команды `LISTEN`, `UNLISTEN` или `NOTIFY`. Эти функции слишком тесно связаны с текущим сеансом, так что в подготовленной транзакции они не были бы полезны.

Если транзакция меняет какие-либо параметры времени выполнения командой `SET` (без указания `LOCAL`), их значения сохраняются после `PREPARE TRANSACTION` и не зависят от последующих команд `COMMIT PREPARED` и `ROLLBACK PREPARED`. Так что в этом отношении `PREPARE TRANSACTION` больше похожа на `COMMIT`, чем на `ROLLBACK`.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении `pg_prepared_xacts`.

Внимание

Оставлять транзакции в подготовленном состоянии на долгое время не рекомендуется. Это повлияет на способность команды VACUUM высвобождать пространство, а в крайнем случае может привести к отключению базы данных для предотвращения зацикливания ID транзакций (см. Подраздел 24.1.5). Также учтите, что транзакция продолжит удерживать все свои блокировки. Это сделано с расчётом на то, что подготовленная транзакция будет зафиксирована или отменена как только внешний менеджер транзакций убедится, что все другие базы данных так же готовы к фиксации.

В отсутствие настроенного внешнего менеджера транзакций, который бы отслеживал подготовленные транзакции и своевременно закрывал их, лучше вовсе отключить поддержку подготовленных транзакций, установив max_prepared_transactions равным нулю. Это не позволит случайно создать подготовленные транзакции, которые могут быть забыты и в конце концов станут причиной проблем.

Примеры

Текущая транзакция подготавливается для двухфазной фиксации, при этом ей назначается идентификатор foobar:

```
PREPARE TRANSACTION 'foobar';
```

Совместимость

Оператор PREPARE TRANSACTION является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

COMMIT PREPARED, ROLLBACK PREPARED

REASSIGN OWNED

REASSIGN OWNED — сменить владельца объектов базы данных, принадлежащих заданной роли

Синтаксис

```
REASSIGN OWNED BY { старая_роль | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...]
               TO { новая_роль | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

`REASSIGN OWNED` указывает системе сменить владельца объектов баз данных, принадлежащих одной из *старых_ролей*, на *новую_роль*.

Параметры

старая_роль

Имя роли. Все объекты в текущей базе данных и все общие объекты (базы данных, табличные пространства), принадлежащие этой роли, станут принадлежать *новой_роли*.

новая_роль

Имя роли, которая станет новым владельцем затронутых объектов.

Примечания

`REASSIGN OWNED` часто применяется при подготовке к удалению одной или нескольких ролей. Так как команда `REASSIGN OWNED` затрагивает объекты только в текущей базе данных, обычно её нужно выполнять в каждой базе данных, которая содержит объекты, принадлежащие удаляемой роли.

Для выполнения `REASSIGN OWNED` необходимо быть членом и исходной, и целевой роли.

Команда DROP OWNED предлагает альтернативное решение, просто удаляя все объекты базы данных, принадлежащие одной или нескольким заданным ролям.

Команда `REASSIGN OWNED` не затрагивает никакие права, которые даны *старым_ролям* для объектов, им не принадлежащим. Также она не затрагивает права по умолчанию, установленные командой `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`. Отозвать эти права можно, воспользовавшись командой `DROP OWNED`.

За подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Совместимость

Оператор `REASSIGN OWNED` является расширением PostgreSQL.

См. также

DROP OWNED, DROP ROLE, ALTER DATABASE

REFRESH MATERIALIZED VIEW

REFRESH MATERIALIZED VIEW — заменить содержимое материализованного представления

Синтаксис

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW [ CONCURRENTLY ] имя
    [ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

`REFRESH MATERIALIZED VIEW` полностью заменяет содержимое материализованного представления. Эту команду разрешено выполнять только владельцам мат. представления. Старое его содержимое при этом аннулируется. Если добавлено указание `WITH DATA` (или нет никакого), нижележащий запрос выполняется и выдаёт новые данные, так что материализованное представление остаётся в сканируемом состоянии. Если указано `WITH NO DATA`, новые данные не выдаются, и оно оказывается в несканируемом состоянии.

Указать `CONCURRENTLY` вместе с `WITH NO DATA` нельзя.

Параметры

`CONCURRENTLY`

Обновить материализованное представление, не блокируя параллельные выборки из него. Без данного параметра обновление, затрагивающее много строк, обычно задействует меньше ресурсов и выполнится быстрее, но может препятствовать чтению этого материализованного представления другими сеансами. При этом данный режим может быть быстрее при небольшом количестве строк.

Данный параметр допускается, только если в материализованном представлении есть хотя бы один индекс `UNIQUE`, построенный только по именам столбцов и включающий все строки (то есть это не должен быть индекс по выражению или индекс, содержащий `WHERE`).

Этот параметр нельзя использовать, когда материализованное представление ещё не наполнено.

Даже с этим параметром в один момент времени допускается только одно обновление (`REFRESH`) материализованного представления.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) материализованного представления, подлежащего обновлению.

Примечания

Если в запросе, определяющем материализованное представление, есть предложение `ORDER BY`, исходное содержимое материализованного представления будет упорядочено указанным образом; но `REFRESH MATERIALIZED VIEW` не гарантирует сохранения этого порядка.

Примеры

Эта команда заменяет содержимое материализованного представления `order_summary`, используя запрос из определения материализованного представления, и оставляет его в сканируемом состоянии:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW order_summary;
```

Эта команда освобождает пространство, связанное с материализованным представлением `annual_statistics_basis`, и оставляет это представление в несканируемом состоянии:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW annual_statistics_basis WITH NO DATA;
```

Совместимость

`REFRESH MATERIALIZED VIEW` — расширение PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, ALTER MATERIALIZED VIEW, DROP MATERIALIZED VIEW

REINDEX

REINDEX — перестроить индексы

Синтаксис

```
REINDEX [ ( параметр [, ...] ) ] { INDEX | TABLE | SCHEMA | DATABASE | SYSTEM }
 [ CONCURRENTLY ] имя

Здесь допускается параметр:

    VERBOSE
```

Описание

`REINDEX` перестраивает индекс, обрабатывая данные таблицы, к которой относится индекс, и в результате заменяет старую копию индекса. Команда `REINDEX` применяется в следующих ситуациях:

- Индекс был повреждён, его содержимое стало некорректным. Хотя в теории этого не должно случаться, на практике индексы могут испортиться из-за программных ошибок или аппаратных сбоев. В таких случаях `REINDEX` служит методом восстановления индекса.
- Индекс стал «раздутым», то есть в нём оказалось много пустых или почти пустых страниц. Это может происходить с B-деревьями в PostgreSQL при определённых, достаточно редких сценариях использования. `REINDEX` даёт возможность сократить объём, занимаемый индексом, записывая новую версию индекса без «мёртвых» страниц. За подробностями обратитесь к Разделу 24.2.
- Параметр хранения индекса (например, фактор заполнения) был изменён, и теперь требуется, чтобы это изменение вступило в силу в полной мере.
- Если построить индекс в режиме `CONCURRENTLY` не удаётся, индекс остаётся в «нерабочем» состоянии. Такие индексы бесполезны, но их можно легко перестроить, воспользовавшись командой `REINDEX`. Однако заметьте, что перестраивать индекс в неблокирующем режиме может только команда `REINDEX INDEX`.

Параметры

`INDEX`

Перестраивает указанный индекс.

`TABLE`

Перестраивает все индексы в указанной таблице. Если у таблицы имеется дополнительная таблица «TOAST», она так же переиндексируется.

`SCHEMA`

Перестраивает все индексы в указанной схеме. Если таблица в этой схеме имеет вторичную таблицу «TOAST», она также будет переиндексирована. При этом обрабатываются и индексы в общих системных каталогах. Эту форму `REINDEX` нельзя выполнить в блоке транзакции.

`DATABASE`

Перестраивает все индексы в текущей базе данных. При этом обрабатываются также индексы в общих системных каталогах. Эту форму `REINDEX` нельзя выполнить в блоке транзакции.

`SYSTEM`

Перестраивает все индексы в системных каталогах текущей базы данных. При этом обрабатываются также индексы в общих системных каталогах, но индексы в таблицах пользователя не затрагиваются. Эту форму `REINDEX` нельзя выполнить в блоке транзакции.

имя

Имя определённого индекса, таблицы или базы данных, подлежащих переиндексации. В настоящее время `REINDEX DATABASE` и `REINDEX SYSTEM` могут переиндексировать только текущую базу данных, так что их параметр должен соответствовать имени текущей базы данных.

`CONCURRENTLY`

С этим указанием PostgreSQL перестроит индекс, не устанавливая никаких блокировок, которые бы предотвращали добавление, изменение или удаление записей в таблице, тогда как по умолчанию операция перестроения индекса блокирует запись (но не чтение) в таблице до своего завершения. При переиндексации в неблокирующем режиме есть ряд особенностей, о которых следует знать, — см. Неблокирующее перестроение индексов ниже.

Для временных таблиц `REINDEX` всегда выполняется более простым, неблокирующим способом, так как они не могут использоваться никакими другими сеансами.

`VERBOSE`

Выводит отчёт о прогрессе после переиндексации каждого индекса.

Примечания

В случае подозрений в повреждении индекса таблицы пользователя, этот индекс или все индексы таблицы можно перестроить, используя команду `REINDEX INDEX` или `REINDEX TABLE`.

Всё усложняется, если возникает необходимость восстановить повреждённый индекс системной таблицы. В этом случае важно, чтобы система сама не использовала этот индекс. (На самом деле в таких случаях вы, скорее всего, столкнётесь с падением процессов сервера в момент запуска, как раз вследствие испорченных индексов.) Чтобы надёжно восстановить рабочее состояние, сервер следует запускать с параметром `-P`, который отключает использование индексов при поиске в системных каталогах.

Один из вариантов сделать это — выключить сервер PostgreSQL и запустить его снова в однопользовательском режиме, с параметром `-P` в командной строке. Затем можно выполнить `REINDEX DATABASE`, `REINDEX SYSTEM`, `REINDEX TABLE` или `REINDEX INDEX`, в зависимости от того, что вы хотите восстановить. В случае сомнений выполните `REINDEX SYSTEM`, чтобы перестроить все системные индексы в базе данных. Затем завершите однопользовательский сеанс сервера и перезапустите сервер в обычном режиме. Чтобы подробнее узнать, как работать с сервером в однопользовательском интерфейсе, обратитесь к справочной странице postgres.

Можно так же запустить обычный экземпляр сервера, но добавить в параметры командной строки `-P`. В разных клиентах это может делаться по-разному, но во всех клиентах на базе libpq можно установить для переменной окружения `PGOPTIONS` значение `-P` до запуска клиента. Учтите, что хотя этот метод не препятствует работе других клиентов, всё же имеет смысл не позволять им подключаться к повреждённой базе данных до завершения восстановления.

Действие `REINDEX` подобно удалению и пересозданию индекса в том смысле, что содержимое индекса пересоздаётся с нуля, но блокировки при этом устанавливаются другие. `REINDEX` блокирует запись, но не чтение родительской таблицы индекса. Эта команда также устанавливает блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` для обрабатываемого индекса, что блокирует чтение таблицы, при котором задействуется этот индекс. `DROP INDEX`, напротив, моментально устанавливает блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` на родительскую таблицу, блокируя и запись, и чтение. Последующая команда `CREATE INDEX` блокирует запись, но не чтение; так как индекс отсутствует, обращений к нему ни при каком чтении не будет, что означает, что блокироваться чтение не будет, но выполняться оно будет как дорогостоящее последовательное сканирование.

Для перестраивания одного индекса или индексов таблицы необходимо быть владельцем этого индекса или таблицы. Для переиндексирования схемы или базы данных необходимо быть владельцем этой схемы или базы. Заметьте в частности, что вследствие этого не только суперпользователи могут перестраивать индексы таблиц, принадлежащих другим пользователям. Однако из этих правил есть исключение — когда команду REINDEX DATABASE, REINDEX SCHEMA или REINDEX SYSTEM выполняет не суперпользователь, индексы общих каталогов будут пропускаться, если только данный каталог не принадлежит этому пользователю (как правило, это так). Разумеется, суперпользователи могут переиндексировать всё без ограничений.

Переиндексирование секционированных таблиц или секционированных индексов не поддерживается. Переиндексировать можно каждую секцию по отдельности.

Неблокирующее перестроение индексов

Перестроение индекса может мешать обычной работе с базой данных. Обычно PostgreSQL блокирует запись в переиндексируемую таблицу и выполняет всю операцию построения индекса за одно сканирование таблицы. Другие транзакции могут продолжать читать таблицу, но при попытке вставить, изменить или удалить строки в таблице они будут заблокированы до завершения перестроения индекса. Это может оказать нежелательное влияние на работу производственной базы данных. Индексация очень больших таблиц может занимать много часов, и даже для маленьких таблиц перестроение индекса может заблокировать записывающие процессы на время, неприемлемое для производственной системы.

PostgreSQL поддерживает перестроение индексов в режиме минимизации блокировок записи. Этот режим включается указанием CONCURRENTLY команды REINDEX. С данным указанием PostgreSQL должен выполнить два сканирования таблицы для каждого индекса, который нужно перестроить, и должен дождаться завершения всех активных транзакций, которые могут использовать данный индекс. В связи с этим в неблокирующем режиме производится в целом больше действий, и длительность переиндексирования значительно увеличивается. Однако благодаря тому, что во время перестроения индекса могут выполняться другие обычные операции, этот режим полезен, когда требуется перестроить индексы в производственной среде. Разумеется, другие операции могут несколько замедлиться из-за дополнительной нагрузки на процессор, память и ввод/вывод, связанной с перестроением индекса.

В ходе неблокирующего переиндексирования производятся следующие действия (каждое в отдельной транзакции). Если переиндексированию подлежат несколько индексов, сначала для всех индексов полностью выполняется один этап, а затем другой.

1. В каталог pg_index добавляется переходное определение индекса, которое затем заменит старое. Для предотвращения каких-либо изменений в схеме во время операции обрабатываемые индексы, а также связанные с ними таблицы защищаются блокировкой SHARE UPDATE EXCLUSIVE на уровне сеанса.
2. Для каждого нового индекса выполняется первый проход, на котором строится индекс. Когда индекс построен, его флаг pg_index.indisready переходит в состояние «true», чтобы этот индекс был готов к добавлениям, и таким образом он становится видимым для других сеансов сразу после окончания построившей его транзакции. Это действие выполняется в отдельной транзакции для каждого индекса.
3. Затем выполняется второй проход, на котором в индекс вносятся кортежи, добавленные в таблицу во время первого прохода. Это действие также выполняется в отдельной транзакции для каждого индекса.
4. Все ограничения, ссылающиеся на индекс, переключаются на определение нового индекса, а также меняются имена индексов. В этот момент флаг pg_index.indisvalid нового индекса принимает значение «true», а старого — «false», и производится сброс кеша, в результате чего все сеансы, обращавшиеся к старому индексу, получают новую информацию.
5. Флаг pg_index.indisready старого индекса сбрасывается в «false» во избежание добавления в него новых кортежей, как только завершатся текущие запросы, которые могли обращаться к этому индексу.
6. Старые индексы удаляются. Блокировки SHARE UPDATE EXCLUSIVE уровня сеанса, установленные для индексов и таблиц, снимаются.

Если при перестроении индексов возникает проблема, например нарушение уникальности в уникальном индексе, REINDEX прерывается, но оставляет после себя «нерабочий» новый индекс в дополнение к уже существующему. Этот индекс будет игнорироваться запросами, так как он может быть неполным; тем не менее он будет обновляться при изменении данных, что повлечёт дополнительные издержки. Команда psql `\d` будет обозначать такой индекс как `INVALID` (нерабочий):

```
postgres=# \d tab
       Table "public.tab"
 Column |  Type   | Modifiers
--------+---------+-----------
 col    | integer |
Indexes:
    "idx" btree (col)
    "idx_ccnew" btree (col) INVALID
```

Если имя индекса с пометкой `INVALID` оканчивается на `ccnew`, это переходный индекс созданный при параллельной операции, и для исправления ситуации рекомендуется удалить его, выполнив `DROP INDEX`, а затем попытаться ещё раз выполнить `REINDEX CONCURRENTLY`. Если же имя нерабочего индекса оканчивается на `ccold`, значит, это исходный индекс, удалить который по какой-то причине не получилось. Такой индекс рекомендуется просто удалить, так как нужный индекс был перестроен успешно. К суффиксам имён нерабочих индексов может быть добавлено ненулевое число для сохранения их уникальности, например `_ccnew1`, `_ccold2` и т. д.

Обычное построение индекса допускает одновременное построение других индексов для таблицы обычным методом, но неблокирующее построение для конкретной таблицы в один момент времени допускается только одно. Однако в любом случае никакие другие изменения схемы таблицы в это время не разрешаются. Другое отличие состоит в том, что в блоке транзакции может быть выполнена обычная команда `REINDEX TABLE` или `REINDEX INDEX`, но не `REINDEX CONCURRENTLY`.

Как и любая длительная транзакция, операция `REINDEX` с таблицей может повлиять на возможность удаления кортежей параллельной операцией `VACUUM` с какой-либо другой таблицей.

Команда `REINDEX SYSTEM` не поддерживает указание `CONCURRENTLY`, так как системные каталоги нельзя переиндексировать в неблокирующем режиме.

Более того, в неблокирующем режиме нельзя перестроить индексы, связанные с ограничениями-исключениями. Если явно указать имя такого индекса в команде, будет выдана ошибка. Когда в неблокирующем режиме переиндексируется таблица или база данных, содержащая такие индексы, эти индексы пропускаются. (Перестроить такие индексы можно в обычном режиме, без указания `CONCURRENTLY`.)

Примеры

Перестроение одного индекса:

```
REINDEX INDEX my_index;
```

Перестроение всех индексов таблицы `my_table`:

```
REINDEX TABLE my_table;
```

Перестроение всех индексов в определённой базе данных, в предположении, что целостность системных индексов под сомнением:

```
$ export PGOPTIONS="-P"
$ psql broken_db
...
broken_db=> REINDEX DATABASE broken_db;
broken_db=> \q
```

Перестроение индексов таблицы, допускающее одновременные операции чтения и записи с затрагиваемыми в процессе переиндексации отношениями:

```
REINDEX TABLE CONCURRENTLY my_broken_table;
```

Совместимость

Команда `REINDEX` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE INDEX, DROP INDEX, reindexdb

RELEASE SAVEPOINT

RELEASE SAVEPOINT — высвободить ранее определённую точку сохранения

Синтаксис

```
RELEASE [ SAVEPOINT ] имя_точки_сохранения
```

Описание

`RELEASE SAVEPOINT` уничтожает точку сохранения, определённую ранее в текущей транзакции.

После уничтожения точка сохранения становится неприменимой в качестве точки возврата, но никаких других проявлений, видимых для пользователя, эта команда не имеет. Она не отменяет эффекта команд, выполненных после установки точки сохранения. (Для этого предназначена команда ROLLBACK TO SAVEPOINT.) Уничтожение точки сохранения, когда она становится не нужна, позволяет системе освобождать некоторые ресурсы раньше, чем завершается транзакция.

`RELEASE SAVEPOINT` также уничтожает все точки сохранения, установленные после заданной точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Имя точки сохранения, подлежащей уничтожению.

Примечания

Указание имени точки сохранения, не определённой ранее, считается ошибкой.

Освободить точку сохранения в транзакции, находящейся в прерванном состоянии, нельзя.

Если одно имя дано нескольким ранее определённым точкам сохранения, освобождена будет только последняя из них. Повторные команды будут последовательно освобождать более ранние точки сохранения.

Примеры

Этот пример показывает, как установить и затем уничтожить точку сохранения:

```
BEGIN;
    INSERT INTO table1 VALUES (3);
    SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (4);
    RELEASE SAVEPOINT my_savepoint;
COMMIT;
```

Данная транзакция вставит значения 3 и 4.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL. В стандарте говорится, что ключевое слово `SAVEPOINT` является обязательным, но PostgreSQL позволяет опускать его.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK, ROLLBACK TO SAVEPOINT, SAVEPOINT

RESET

RESET — восстановить значение по умолчанию заданного параметра времени выполнения

Синтаксис

```
RESET параметр_конфигурации
RESET ALL
```

Описание

`RESET` сбрасывает параметры времени выполнения к значениям по умолчанию. `RESET` — альтернативное написание команды

```
SET параметр_конфигурации TO DEFAULT
```

За подробностями обратитесь к SET.

Значение по умолчанию определяется как значение, которое имел бы этот параметр, если бы для него не выполнялась команда `SET` в текущем сеансе. Фактическое значение может быть задано в компилируемом коде, файле конфигурации, параметрах командной строки или в параметрах по умолчанию для базы данных или пользователя. Если определить его как «значение, которое имеет параметр в начале сеанса», это будет не вполне корректно, так как оно будет сброшено к тому, что задано в файле конфигурации в данный момент. За подробностями обратитесь к Главе 19.

Транзакционное поведение команды `RESET` не отличается от `SET`: её действие будет отменено при откате транзакции.

Параметры

параметр_конфигурации

Имя устанавливаемого параметра конфигурации времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и на справочной странице SET.

`ALL`

Сбрасывает к значениям по умолчанию все устанавливаемые параметры времени выполнения.

Примеры

Сброс конфигурационной переменной `timezone` к значению по умолчанию:

```
RESET timezone;
```

Совместимость

`RESET` является расширением PostgreSQL.

См. также

SET, SHOW

REVOKE

REVOKE — отозвать права доступа

Синтаксис

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
         | ALL TABLES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | REFERENCES } ( имя_столбца [, ...] )
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] ( имя_столбца [, ...] ) }
    ON [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { SEQUENCE имя_последовательности [, ...]
         | ALL SEQUENCES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { CREATE | CONNECT | TEMPORARY | TEMP } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DATABASE имя_бд [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON DOMAIN имя_домена [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON FOREIGN SERVER имя_сервера [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON { { FUNCTION | PROCEDURE | ROUTINE } имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ]
 [ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
```

```
        | ALL { FUNCTIONS | PROCEDURES | ROUTINES } IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LANGUAGE имя_языка [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | UPDATE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON LARGE OBJECT oid_БО [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { CREATE | USAGE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON SCHEMA имя_схемы [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TABLESPACE табл_пространство [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
    ON TYPE имя_типа [, ...]
    FROM указание_роли [, ...]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

REVOKE [ ADMIN OPTION FOR ]
    имя_роли [, ...] FROM указание_роли [, ...]
    [ GRANTED BY указание_роли ]
    [ CASCADE | RESTRICT ]

Здесь указание_роли:

    [ GROUP ] имя_роли
  | PUBLIC
  | CURRENT_USER
  | SESSION_USER
```

Описание

Команда REVOKE лишает одну или несколько ролей прав, назначенных ранее. Ключевое слово PUBLIC обозначает неявно определённую группу всех ролей.

Различные типы прав подробно рассматриваются в описании команды GRANT.

Заметьте, что любая конкретная роль получает в сумме права, данные непосредственно ей, права, данные любой роли, в которую она включена, а также права, данные группе PUBLIC. Поэтому, например, лишение PUBLIC права SELECT не обязательно будет означать, что все роли лишатся права SELECT для данного объекта: оно сохранится у тех ролей, которым оно дано непосредственно или косвенно, через другую роль. Подобным образом, лишение права SELECT какого-либо пользователя может не повлиять на его возможность пользоваться правом SELECT, если это право дано группе PUBLIC или другой роли, в которую он включён.

Если указано GRANT OPTION FOR, отзывается только право передачи права, но не само право. Без этого указания отзывается и право, и право распоряжаться им.

Если пользователь обладает правом с правом передачи и он дал его другим пользователям, последнее право считается зависимым. Когда первый пользователь лишается самого права или права передачи и существуют зависимые права, эти зависимые права также отзываются, если дополнительно указано CASCADE; в противном случае операция завершается ошибкой. Это рекурсивное лишение прав затрагивает только права, полученные через цепочку пользователей, которую можно проследить до пользователя, являющегося субъектом команды REVOKE. Таким образом, пользователи могут в итоге сохранить это право, если оно было также получено через других пользователей.

Когда отзывается право доступа к таблице, с ним вместе автоматически отзываются соответствующие права для каждого столбца таблицы (если такие права заданы). С другой стороны, если роли были даны права для таблицы, лишение роли таких же прав на уровне отдельных столбцов ни на что не влияет.

Когда пользователь лишается членства в роли, указание GRANT OPTION меняется на ADMIN OPTION, но в остальном поведение не отличается. Эта форма команды также принимает указание GRANTED BY, но в настоящее время оно игнорируется (проверяется лишь существование заданной в нём роли). Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово GROUP в *указании_роли*.

Примечания

Пользователь может отзывать только те права, которые он дал другому непосредственно. Если, например, пользователь A дал право с правом передачи пользователю B, а пользователь B, в свою очередь, дал это право пользователю C, то пользователь A не сможет лишить этого права непосредственно C. Вместо этого, пользователь A может лишить права передачи права пользователя B и использовать параметр CASCADE, чтобы этого права по цепочке лишился пользователь C. Или же, например, если и A, и B дали одно и то же право C, то A сможет отозвать право, которое дал он, но не пользователь B, так что в результате C всё равно будет иметь это право.

Если отозвать право доступа к объекту (с помощью REVOKE) попытается не владелец объекта, команда завершится ошибкой, если пользователь не имеет никаких прав для этого объекта. Если же пользователь имеет какие-то права, команда будет выполняться, но пользователь сможет отозвать только те права, которые даны ему с правом распоряжения ими. Формы REVOKE ALL PRIVILEGES будут выдавать предупреждение, если у него вовсе нет таких прав, тогда как другие формы будут выдавать предупреждения, если пользователь не имеет права распоряжаться именно правами, указанными в команде. (В принципе, эти утверждения применимы и к владельцу объекта, но ему разрешено распоряжаться всем правами, поэтому такие ситуации невозможны.)

Если команду GRANT или REVOKE выполняет суперпользователь, эта команда выполняется так, как будто её выполняет владелец затрагиваемого объекта. Так как все права в конце концов исходят от владельца объекта (возможно, косвенно по цепочке или через право распоряжением правом), суперпользователь может отозвать все права, но это может потребовать применения режима CASCADE, как описывалось выше.

REVOKE также может быть выполнена ролью, которая не является владельцем заданного объекта, но является членом роли-владельца, либо членом роли, имеющей права WITH GRANT OPTION для этого объекта. В этом случае команда будет выполнена, как если бы её выполняла содержащая роль, действительно владеющая объектом или имеющая права WITH GRANT OPTION. Например, если таблица t1 принадлежит роли g1, членом которой является роль u1, то u1 может отзывать права на использование t1, которые записаны как данные ролью g1. В том числе это могут быть права, данные ролью u1, а также другими членами роли g1.

Если роль, выполняющая команду REVOKE, получила указанные права косвенно по нескольким путям членства ролей, какая именно роль будет выбрана для выполнения команды, не определено. В таких случаях рекомендуется воспользоваться командой SET ROLE и переключиться на роль, которую хочется видеть в качестве выполняющей REVOKE. Если этого не сделать, могут быть отозваны не те права, что планировалось, либо отозвать права вообще не удастся.

Подробнее о конкретных типах прав, а также о том, как просмотреть права, назначенные для объектов, рассказывается в Разделе 5.7.

Примеры

Лишение группы public права добавлять данные в таблицу films:

```
REVOKE INSERT ON films FROM PUBLIC;
```

Лишение пользователя manuel всех прав для представления kinds:

```
REVOKE ALL PRIVILEGES ON kinds FROM manuel;
```

Заметьте, что на самом деле это означает «лишить всех прав, которые дал я».

Исключение из членов роли admins пользователя joe:

```
REVOKE admins FROM joe;
```

Совместимость

Замечания по совместимости, приведённые для команды GRANT, справедливы и для REVOKE. Стандарт требует обязательного указания ключевого слова RESTRICT или CASCADE, но PostgreSQL подразумевает RESTRICT по умолчанию.

См. также

GRANT, ALTER DEFAULT PRIVILEGES

ROLLBACK

ROLLBACK — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ] [ AND [ NO ] CHAIN ]
```

Описание

`ROLLBACK` откатывает текущую транзакцию и приводит к аннулированию всех изменений, произведённых транзакцией.

Параметры

`WORK`
`TRANSACTION`

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

`AND CHAIN`

Если добавляется указание `AND CHAIN`, сразу после окончания текущей транзакции начинается новая с такими же характеристиками транзакции (см. SET TRANSACTION). В противном случае новая транзакция не начинается.

Примечания

Чтобы завершить и зафиксировать транзакцию, используйте COMMIT.

При выполнении команды `ROLLBACK` вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит. Однако `ROLLBACK AND CHAIN` вне блока транзакции вызывает ошибку.

Примеры

Чтобы прервать все операции:

```
ROLLBACK;
```

Совместимость

Команда `ROLLBACK` соответствует стандарту SQL, а форма `ROLLBACK TRANSACTION` является расширением PostgreSQL.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK TO SAVEPOINT

ROLLBACK PREPARED

ROLLBACK PREPARED — отменить транзакцию, которая ранее была подготовлена для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
ROLLBACK PREPARED id_транзакции
```

Описание

`ROLLBACK PREPARED` откатывает транзакцию в подготовленном состоянии.

Параметры

`id_транзакции`

Идентификатор транзакции, которую нужно откатить.

Примечания

Откатить подготовленную транзакцию может либо пользователь, выполнявший её изначально, либо суперпользователь. При этом не обязательно работать в том же сеансе, где выполнялась транзакция.

Эту команду нельзя выполнить внутри блока транзакции. Подготовленная транзакция откатывается немедленно.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении `pg_prepared_xacts`.

Примеры

Откат транзакции, имеющей идентификатор `foobar`:

```
ROLLBACK PREPARED 'foobar';
```

Совместимость

Оператор `ROLLBACK PREPARED` является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

PREPARE TRANSACTION, COMMIT PREPARED

ROLLBACK TO SAVEPOINT

ROLLBACK TO SAVEPOINT — откатиться к точке сохранения

Синтаксис

```
ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ] TO [ SAVEPOINT ] имя_точки_сохранения
```

Описание

Откатывает все команды, выполненные после установления точки сохранения. Точка сохранения остаётся действующей и при необходимости можно снова откатиться к ней позже.

`ROLLBACK TO SAVEPOINT` неявно уничтожает все точки сохранения, установленные после заданной точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Точка сохранения, к которой нужно откатиться.

Примечания

Чтобы уничтожить точку сохранения, не отменяя действия команд, выполненных после неё, применяется команда RELEASE SAVEPOINT.

Указание имени точки сохранения, не установленной ранее, считается ошибкой.

Курсоры проявляют не совсем транзакционное поведение применительно к точкам сохранения. Любой курсор, открытый внутри точки сохранения, будет закрыт при откате к этой точке. Если ранее открытый курсор был перемещён командой `FETCH` или `MOVE` внутри точки сохранения, к которой затем произошёл откат, курсор остаётся в той позиции, в которой он остался после `FETCH` (то есть, перемещение курсора, производимое командой `FETCH`, не откатывается). Также при откате не отменяется и закрытие курсора. Однако другие побочные эффекты, вызываемые запросом курсора (например, побочные действия изменчивых функций, вызываемых в запросе) *отменяются*, если они производятся после точки сохранения, к которой затем происходит откат. Курсор, выполнение которого приводит к прерыванию транзакции, переводится в нерабочее состояние, так что даже если восстановить транзакцию, выполнив `ROLLBACK TO SAVEPOINT`, этот курсор нельзя будет использовать.

Примеры

Отмена действия команд, выполненных после установки точки сохранения `my_savepoint`:

```
ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;
```

Откат к точке сохранения не отражается на положении курсора:

```
BEGIN;

DECLARE foo CURSOR FOR SELECT 1 UNION SELECT 2;

SAVEPOINT foo;

FETCH 1 FROM foo;
 ?column?
----------
        1
```

```
ROLLBACK TO SAVEPOINT foo;

FETCH 1 FROM foo;
 ?column?
----------
        2

COMMIT;
```

Совместимость

В стандарте SQL говорится, что ключевое слово SAVEPOINT является обязательным, но PostgreSQL и Oracle позволяют опускать его. SQL допускает WORK, но не TRANSACTION, в качестве избыточного слова после ROLLBACK. Кроме того, в SQL есть дополнительное предложение AND [NO] CHAIN, которое в настоящее время не поддерживается в PostgreSQL. В остальном эта команда соответствует стандарту SQL.

См. также

BEGIN, COMMIT, RELEASE SAVEPOINT, ROLLBACK, SAVEPOINT

SAVEPOINT

SAVEPOINT — определить новую точку сохранения в текущей транзакции

Синтаксис

```
SAVEPOINT имя_точки_сохранения
```

Описание

`SAVEPOINT` устанавливает новую точку сохранения в текущей транзакции.

Точка сохранения — это специальная отметка внутри транзакции, которая позволяет откатить все команды, выполненные после неё, и восстановить таким образом состояние на момент установки этой точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Имя, назначаемое новой точке сохранения. Ранее существующая точка с таким именем оказывается недоступной, пока не будут освобождены установленные позже одноимённые точки.

Примечания

Для отката к установленной точке сохранения предназначена команда ROLLBACK TO SAVEPOINT. Чтобы уничтожить точку сохранения, сохраняя изменения, произведённые после того, как она была установлена, применяется команда RELEASE SAVEPOINT.

Точки сохранения могут быть установлены только внутри блока транзакции. В одной транзакции можно определить несколько точек сохранения.

Примеры

Установление точки сохранения и затем отмена действия всех команд, выполненных после установленной точки:

```
BEGIN;
    INSERT INTO table1 VALUES (1);
    SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (2);
    ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (3);
COMMIT;
```

Показанная транзакция вставит в таблицу значения 1 и 3, но не 2.

Этот пример показывает, как установить и затем уничтожить точку сохранения:

```
BEGIN;
    INSERT INTO table1 VALUES (3);
    SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (4);
    RELEASE SAVEPOINT my_savepoint;
COMMIT;
```

Данная транзакция вставит значения 3 и 4.

Этот пример показывает, как использовать точки сохранения с одним именем:

```
BEGIN;
```

```
    INSERT INTO table1 VALUES (1);
    SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (2);
    SAVEPOINT my_savepoint;
    INSERT INTO table1 VALUES (3);

    -- откат ко второй точке сохранения
    ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;
    SELECT * FROM table1;               -- вывод строк 1 и 2

    -- освобождение второй точки сохранения
    RELEASE SAVEPOINT my_savepoint;

    -- откат к первой точке сохранения
    ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;
    SELECT * FROM table1;               -- вывод только строки 1
COMMIT;
```

Данная транзакция сначала откатит строку 3, затем строку 2.

Совместимость

Стандарт SQL требует, чтобы точка сохранения уничтожалась автоматически, когда устанавливается другая точка сохранения с тем же именем. В PostgreSQL старая точка сохранения остаётся, хотя при откате или уничтожении будет выбираться только самая последняя. (После уничтожения последней точки командой `RELEASE SAVEPOINT` доступной для команд `ROLLBACK TO SAVEPOINT` и `RELEASE SAVEPOINT` становится следующая.) В остальном оператор `SAVEPOINT` полностью соответствует стандарту.

См. также

BEGIN, COMMIT, RELEASE SAVEPOINT, ROLLBACK, ROLLBACK TO SAVEPOINT

SECURITY LABEL

SECURITY LABEL — определить или изменить метку безопасности, применённую к объекту

Синтаксис

```
SECURITY LABEL [ FOR провайдер ] ON
{
  TABLE имя_объекта |
  COLUMN имя_таблицы.имя_столбца |
  AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |
  DATABASE имя_объекта |
  DOMAIN имя_объекта |
  EVENT TRIGGER имя_объекта |
  FOREIGN TABLE имя_объекта |
  FUNCTION имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  LARGE OBJECT oid_большого_объекта |
  MATERIALIZED VIEW имя_объекта |
  [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |
  PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  PUBLICATION имя_объекта |
  ROLE имя_объекта |
  ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
 [, ...] ] ) ] |
  SCHEMA имя_объекта |
  SEQUENCE имя_объекта |
  SUBSCRIPTION имя_объекта |
  TABLESPACE имя_объекта |
  TYPE имя_объекта |
  VIEW имя_объекта
} IS { строковая_константа | NULL }

Здесь сигнатура_агр_функции:

* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
 [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

`SECURITY LABEL` применяет метку безопасности к объекту базы данных. С определённым объектом может быть связано произвольное количество меток безопасности, по одной для каждого провайдера. Провайдеры меток представляют собой загружаемые модули, которые регистрируют себя, вызывая функцию `register_label_provider`.

> **Примечание**
>
> `register_label_provider` — это не SQL-функция; её можно вызывать только из скомпилированного кода C, загруженного сервером.

Провайдер меток определяет, допустима ли заданная метка и разрешено ли применять эту метку к указанному объекту. Какой смысл вкладывается в данную метку, тоже определяет провайдер меток. PostgreSQL не накладывает никаких ограничений на то, как провайдер должен интерпретировать метки безопасности; он просто обеспечивает механизм их хранения. На практике, этот механизм реализован для того, чтобы в базы данных можно было интегрировать системы мандатного управления доступом (MAC) на базе меток, такие как SELinux. Такие системы принимают все решения по ограничению доступа, учитывая метки объектов, а не традиционные сущности избирательного управления доступом (DAC), такие как пользователи и группы.

Чтобы использовать команду `SECURITY LABEL`, нужно быть владельцем объекта базы данных.

Параметры

`имя_объекта`
`имя_таблицы.имя_столбца`
`имя_агрегатной_функции`
`имя_функции`
`имя_процедуры`
`имя_подпрограммы`

Имя помечаемого объекта. Имена таблиц, агрегатных и обычных функций, процедур, подпрограмм, доменов, сторонних таблиц, последовательностей и представлений можно дополнить именем схемы.

`провайдер`

Имя провайдера, с которым будет связана эта метка. Указанный провайдер должен быть загружен и готов выполнять операцию размечивания. Если загружен всего один провайдер, его имя можно опустить для краткости.

`режим_аргумента`

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: `IN`, `OUT`, `INOUT` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`. Заметьте, что `SECURITY LABEL` не учитывает аргументы `OUT`, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы `IN`, `INOUT` и `VARIADIC`.

`имя_аргумента`

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Заметьте, что на самом деле `SECURITY LABEL` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

`тип_аргумента`

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

`oid_большого_объекта`

OID большого объекта.

`PROCEDURAL`

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

`строковая_константа`

Новое значение метки безопасности, записанное в виде строковой константы.

`NULL`

Укажите `NULL`, если метку безопасности нужно удалить.

Примеры

Следующий пример показывает, как можно задать или изменить метку безопасности для таблицы.

```
SECURITY LABEL FOR selinux ON TABLE mytable IS 'system_u:object_r:sepgsql_table_t:s0';
```

Удалить метку можно так:

```
SECURITY LABEL FOR selinux ON TABLE mytable IS NULL;
```

Совместимость

Команда `SECURITY LABEL` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

sepgsql, `src/test/modules/dummy_seclabel`

SELECT

SELECT, TABLE, WITH — получить строки из таблицы или представления

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
SELECT [ ALL | DISTINCT [ ON ( выражение [, ...] ) ] ]
    [ { * | выражение [ [ AS ] имя_результата ] } [, ...] ]
    [ FROM элемент_FROM [, ...] ]
    [ WHERE условие ]
    [ GROUP BY элемент_группирования [, ...] ]
    [ HAVING условие ]
    [ WINDOW имя_окна AS ( определение_окна ) [, ...] ]
    [ { UNION | INTERSECT | EXCEPT } [ ALL | DISTINCT ] выборка ]
    [ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
 [, ...] ]
    [ LIMIT { число | ALL } ]
    [ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]
    [ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } { ONLY | WITH TIES } ]
    [ FOR { UPDATE | NO KEY UPDATE | SHARE | KEY SHARE } [ OF имя_таблицы [, ...] ]
 [ NOWAIT | SKIP LOCKED ] [...] ]

Здесь допускается элемент_FROM:

    [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ] ]
                [ TABLESAMPLE метод_выборки ( аргумент [, ...] ) [ REPEATABLE
 ( затравка ) ] ]
    [ LATERAL ] ( выборка ) [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ]
    имя_запроса_WITH [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ] ]
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] )
                [ WITH ORDINALITY ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца
 [, ...] ) ] ]
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) [ AS ] псевдоним
 ( определение_столбца [, ...] )
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) AS ( определение_столбца [, ...] )
    [ LATERAL ] ROWS FROM( имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) [ AS
 ( определение_столбца [, ...] ) ] [, ...] )
                [ WITH ORDINALITY ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца
 [, ...] ) ] ]
    элемент_FROM тип_соединения элемент_FROM { ON условие_соединения | USING
 ( столбец_соединения [, ...] ) }
    элемент_FROM NATURAL тип_соединения элемент_FROM
    элемент_FROM CROSS JOIN элемент_FROM

и элемент_группирования может быть следующим:

    ( )
    выражение
    ( выражение [, ...] )
    ROLLUP ( { выражение | ( выражение [, ...] ) } [, ...] )
    CUBE ( { выражение | ( выражение [, ...] ) } [, ...] )
    GROUPING SETS ( элемент_группирования [, ...] )

и запрос_WITH:
```

```
    имя_запроса_WITH [ ( имя_столбца [, ...] ) ] AS [ [ NOT ] MATERIALIZED ] ( выборка
 | values | insert | update | delete )

TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ]
```

Описание

SELECT получает строки из множества таблиц (возможно, пустого). Общая процедура выполнения SELECT следующая:

1. Выполняются все запросы в списке WITH. По сути они формируют временные таблицы, к которым затем можно обращаться в списке FROM. Запрос в WITH без указания NOT MATERIALIZED выполняется только один раз, даже когда он фигурирует в списке FROM неоднократно. (См. Предложение WITH ниже.)

2. Вычисляются все элементы в списке FROM. (Каждый элемент в списке FROM представляет собой реальную или виртуальную таблицу.) Если список FROM содержит несколько элементов, они объединяются перекрёстным соединением. (См. Предложение FROM ниже.)

3. Если указано предложение WHERE, все строки, не удовлетворяющие условию, исключаются из результата. (См. Предложение WHERE ниже.)

4. Если присутствует указание GROUP BY, либо в запросе вызываются агрегатные функции, вывод разделяется по группам строк, соответствующим одному или нескольким значениям, а затем вычисляются результаты агрегатных функций. Если добавлено предложение HAVING, оно исключает группы, не удовлетворяющие заданному условию. (См. Предложение GROUP BY и Предложение HAVING ниже.) Хотя столбцы вывода запроса номинально вычисляются на следующем шаге, на них также можно ссылаться (по имени или порядковому номеру) в предложении GROUP BY.

5. Вычисляются фактические выходные строки по заданным в SELECT выражениям для каждой выбранной строки или группы строк. (См. Список SELECT ниже.)

6. SELECT DISTINCT исключает из результата повторяющиеся строки. SELECT DISTINCT ON исключает строки, совпадающие по всем указанным выражениям. SELECT ALL (по умолчанию) возвращает все строки результата, включая дубликаты. (См. Предложение DISTINCT ниже.)

7. Операторы UNION, INTERSECT и EXCEPT объединяют вывод нескольких команд SELECT в один результирующий набор. Оператор UNION возвращает все строки, представленные в одном, либо обоих наборах результатов. Оператор INTERSECT возвращает все строки, представленные строго в обоих наборах. Оператор EXCEPT возвращает все строки, представленные в первом наборе, но не во втором. Во всех трёх случаях повторяющиеся строки исключаются из результата, если явно не указано ALL. Чтобы явно обозначить, что выдаваться должны только неповторяющиеся строки, можно добавить избыточное слово DISTINCT. Заметьте, что в данном контексте по умолчанию подразумевается DISTINCT, хотя в самом SELECT по умолчанию подразумевается ALL. (См. Предложение UNION+, Предложение INTERSECT и Предложение EXCEPT ниже.)

8. Если присутствует предложение ORDER BY, возвращаемые строки сортируются в указанном порядке. В отсутствие ORDER BY строки возвращаются в том порядке, в каком системе будет проще их выдать. (См. Предложение ORDER BY> ниже.)

9. Если указано предложение LIMIT (или FETCH FIRST) либо OFFSET, оператор SELECT возвращает только подмножество строк результата. (См. Предложение LIMIT ниже.)

10. Если указано FOR UPDATE, FOR NO KEY UPDATE, FOR SHARE или FOR KEY SHARE, оператор SELECT блокирует выбранные строки, защищая их от одновременных изменений. (См. Предложение блокировки ниже.)

Для всех столбцов, задействованных в команде SELECT, необходимо иметь право SELECT. Применение блокировок FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE или FOR KEY SHARE требует также права UPDATE (как минимум для одного столбца в каждой выбранной для блокировки таблице).

Параметры

Предложение WITH

Предложение WITH позволяет задать один или несколько подзапросов, к которым затем можно обратиться по имени в основном запросе. Эти подзапросы по сути действуют как временные таблицы или представления в процессе выполнения главного запроса. Каждый подзапрос может представлять собой оператор SELECT, TABLE, VALUES, INSERT, UPDATE или DELETE. При использовании в WITH оператора, изменяющего данные, (INSERT, UPDATE или DELETE) обычно добавляется предложение RETURNING. Заметьте, что именно результат RETURNING, а *не* нижележащая таблица, изменяемая запросом, формирует временную таблицу, которую затем читает основной запрос. Если RETURNING опущено, оператор тем не менее выполняется, но не выдаёт никакого результата, так что на него нельзя сослаться как на таблицу в основном запросе.

Имя (без схемы) должно быть указано для каждого запроса WITH. Также можно задать необязательный список с именами столбцов; если он опущен, имена столбцов формируются из результата подзапроса.

Если указано RECURSIVE, подзапрос SELECT может ссылаться сам на себя по имени. Такой подзапрос должен иметь форму

нерекурсивная_часть UNION [ALL | DISTINCT] *рекурсивная_часть*

, где рекурсивная ссылка на сам запрос может находиться только справа от UNION. Для одного запроса допускается только одна рекурсивная ссылка на него же. Операторы, изменяющие данные, не могут быть рекурсивными, но результат рекурсивного запроса SELECT в таких операторах можно использовать. За примером обратитесь к Разделу 7.8.

Ещё одна особенность RECURSIVE в том, что запросы WITH могут быть неупорядоченными: запрос может ссылаться на другой, идущий в списке после него. (Однако циклические ссылки или взаимная рекурсия не поддерживаются.) Без RECURSIVE запрос в WITH может ссылаться только на запросы того же уровня в WITH, предшествующие ему в списке WITH.

Когда в предложении WITH задаются несколько запросов, RECURSIVE следует указывать только единожды, сразу после WITH. Это указание будет действовать на все запросы в предложении WITH, хотя оно никак не скажется на запросах, не использующих рекурсию или ссылки на последующие запросы.

Основной запрос и все запросы WITH, условно говоря, выполняются одновременно. Это значит, что действие оператора, изменяющего данные в WITH, не будут видеть другие части запроса, кроме как прочитав его вывод RETURNING. Если два таких оператора попытаются изменить одну строку, результат будет неопределённым.

Ключевое свойство запросов WITH состоит в том, что они обычно вычисляются один раз для всего основного запроса, даже если в основном запросе содержатся несколько ссылок на них. В частности, гарантируется, что операторы, изменяющие данные, будут выполняться ровно один раз, вне зависимости от того, будет ли их результат прочитан основным запросом и в каком объёме.

Однако от этой гарантии можно отказаться, добавив для запроса WITH пометку NOT MATERIALIZED. В этом случае запрос WITH может быть свёрнут в основной запрос, как если бы это был простой SELECT внутри предложения FROM основного запроса. В результате запрос WITH может вычисляться неоднократно, если основной запрос обращается к нему несколько раз. Но если при каждом таком обращении требуются лишь отдельные строки из всего результата запроса WITH, указание NOT MATERIALIZED, позволяющее оптимизировать запросы совместно, в целом может оказаться выгодным. Указание NOT MATERIALIZED игнорируется в запросе WITH, который имеет рекурсивный характер или не свободен от побочных эффектов (то есть когда это не простой SELECT без изменчивых функций).

По умолчанию запрос WITH, свободный от побочных эффектов, заворачивается в основной запрос, если он используется в его предложении FROM ровно один раз. Это позволяет совместно оптимизировать два уровня запросов в ситуациях, когда семантика запроса в целом сохраняется. Но это заворачивание можно предотвратить, пометив запрос `WITH` как `MATERIALIZED`. Это может быть полезно, например когда предложение `WITH` применяется как преграда для оптимизатора, не позволяющая ему выбрать неудачный план. В PostgreSQL до 12 версии такое заворачивание не выполнялось никогда, поэтому запросы, написанные для предыдущих версий, могли полагаться на то, что оптимизации будет препятствовать собственно предложение `WITH`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 7.8.

Предложение `FROM`

В предложении `FROM` перечисляются одна или несколько таблиц, служащих источниками данных для `SELECT`. Если указано несколько источников, результатом будет декартово произведение (перекрёстное соединение) всех их строк. Но обычно в запрос добавляются уточняющие условия (в предложении `WHERE`), которые ограничивают набор строк небольшим подмножеством этого произведения.

Предложение `FROM` может содержать следующие элементы:

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы или представления. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, считывается только заданная таблица. Без `ONLY` считывается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

псевдоним

Альтернативное имя для элемента списка `FROM`. Этот псевдоним используется для краткости или для исключения неоднозначности с замкнутыми соединениями (когда одна таблица читается неоднократно). Когда задаётся псевдоним, он полностью скрывает настоящее имя таблицы или функции; например, при записи `FROM foo AS f`, в продолжении запроса `SELECT` к этому элементу `FROM` нужно обращаться по имени `f`, а не `foo`. Если задан псевдоним таблицы, за ним можно также написать список псевдонимов столбцов, который определит альтернативные имена для столбцов таблицы.

`TABLESAMPLE` *метод_выборки* `(` *аргумент* `[, ...] ) [ REPEATABLE (` *затравка* `) ]`

Предложение `TABLESAMPLE`, сопровождающее *имя_таблицы*, показывает, что для получения подмножества строк в этой таблице должен применяться указанный *метод_выборки*. Эта выборка предшествует применению любых других фильтров, например, в предложении `WHERE`. В стандартный дистрибутив PostgreSQL включены два метода выборки, `BERNOULLI` и `SYSTEM`; другие методы выборки можно установить в базу данных через расширения.

Методы выборки `BERNOULLI` и `SYSTEM` принимают единственный *аргумент*, определяющий, какой процент таблицы должен попасть в выборку, от 0 до 100. Этот аргумент может задаваться любым выражением со значением типа `real`. (Другие методы выборки могут принимать дополнительные или другие параметры.) Оба этих метода возвращают случайную выборку таблицы, содержащую примерно указанный процент строк таблицы. Метод `BERNOULLI` сканирует всю таблицу и выбирает или игнорирует отдельные строки независимо, с заданной вероятностью. Метод `SYSTEM` строит выборку на уровне блоков, определяя для каждого блока шанс его задействовать, и возвращает все строки из каждого задействуемого блока. Метод `SYSTEM` работает значительно быстрее `BERNOULLI`, когда выбирается небольшой процент строк, но он может выдавать менее случайную выборку таблицы из-за эффектов кучности.

В необязательном предложении `REPEATABLE` задаётся *затравка* — число или выражение, задающее отправное значение для генератора случайных чисел в методе выборки. Значением затравки может быть любое отличное от NULL число с плавающей точкой. Два запроса, в которых указаны одинаковые значения затравки и *аргумента*, выдадут одну и ту же выборку таблицы при условии неизменности содержимого таблицы. Но с разными значениями затравки выборки обычно получаются разными. В отсутствие предложения REPEATABLE для каждого запроса выдаётся новая случайная выборка, в зависимости от затравки, сгенерированной системой. Заметьте, что некоторые дополнительные методы выборки не принимают предложение REPEATABLE и выдают разные выборки при каждом использовании.

выборка

Предложение FROM может содержать вложенный запрос SELECT. Можно считать, что из его результата создаётся временная таблица на время выполнения основной команды SELECT. Заметьте, что вложенный запрос SELECT должен заключаться в скобки и для него *должен* задаваться псевдоним. Здесь также можно использовать команду VALUES.

имя_запроса_WITH

На запрос WITH можно ссылаться по имени, как если бы имя запроса представляло имя таблицы. (На самом деле запрос WITH скрывает любую реальную таблицу с тем же именем для основного запроса. Если необходимо обратиться к одноимённой реальной таблице, можно дополнить имя этой таблицы именем схемы.) Для этого имени можно задать псевдоним, так же, как и для имени таблицы.

имя_функции

В предложении FROM могут содержаться вызовы функций. (Это особенно полезно для функций, возвращающих множества, но в принципе можно использовать любые функции.) Можно считать, что для результата функции создаётся временная таблица на время выполнения текущей команды SELECT. Если функция возвращает результат составного типа (это касается и функций с несколькими аргументами OUT), каждый атрибут результата помещается в отдельный столбец этой неявной таблицы.

Когда вызов функции дополняется необязательным предложением WITH ORDINALITY, к столбцам результата функции добавляется столбец типа bigint. В этом столбце нумеруются строки набора результатов функции, начиная с 1. По умолчанию ему присваивается имя ordinality.

Псевдоним для функции можно задать так же, как и для таблицы. Если этот псевдоним задан, за ним можно также написать список псевдонимов столбцов, который определит альтернативные имена для атрибутов составного типа результата функции, включая имя столбца нумерации (если он присутствует).

Несколько вызовов функций можно объединить в одном элементе предложения FROM, заключив их в конструкцию ROWS FROM(...). Выводом такого элемента будет соединение первых строк всех функций, затем вторых строк и т. д. Если одни функции выдают меньше строк, чем другие, недостающие данные заменяются значениями NULL, так что общее число возвращаемых строк всегда будет равняться максимальному числу строк из возвращённых всеми функциями.

Если функция определена как возвращающая тип данных record, для неё нужно указать псевдоним или ключевое слово AS, за которым должен идти список определений столбцов в форме (*имя_столбца тип_данных* [, ...]). Список определений столбцов должен соответствовать фактическому количеству и типу столбцов, возвращаемых функцией.

Если при использовании синтаксиса ROWS FROM(...) одна из функций требует наличия списка определений столбцов, этот список лучше разместить после вызова функции внутри ROWS FROM(...). Список определений столбцов можно поместить после конструкции ROWS FROM(...), только если вызывается всего одна функция, а предложение WITH ORDINALITY отсутствует.

Чтобы использовать ORDINALITY со списком определений столбцов, необходимо применить запись ROWS FROM(...) и поместить список с определениями столбцов внутрь ROWS FROM(...).

тип_соединения

Один из следующих вариантов:

- `[ INNER ] JOIN`
- `LEFT [ OUTER ] JOIN`
- `RIGHT [ OUTER ] JOIN`
- `FULL [ OUTER ] JOIN`

Для типов соединений `INNER` и `OUTER` необходимо указать условие соединения, а именно одно из предложений `ON` *условие_соединения*, `USING (`*столбец_соединения* `[, ...])`, или `NATURAL`. Эти предложения описываются ниже.

Предложение `JOIN` объединяет два элемента списка `FROM`, которые мы для простоты дальше будем называть «таблицами», хотя на самом деле это может быть любой объект, допустимый в качестве элемента `FROM`. Для определения порядка вложенности при необходимости следует использовать скобки. В отсутствие скобок предложения `JOIN` обрабатывается слева направо. В любом случае `JOIN` связывает элементы сильнее, чем запятые, разделяющие элементы в списке `FROM`. Все возможности `JOIN` существуют просто для удобства записи, они не дают ничего такого, чего нельзя было бы получить, применяя обычные предложения `FROM` и `WHERE`.

`LEFT OUTER JOIN` возвращает все строки ограниченного декартова произведения (т. е. все объединённые строки, удовлетворяющие условию соединения) плюс все строки в таблице слева, для которых не находится строк в таблице справа, удовлетворяющих условию. Строка, взятая из таблицы слева, дополняется до полной ширины объединённой таблицы значениями NULL в столбцах таблицы справа. Заметьте, что для определения, какие строки двух таблиц соответствуют друг другу, проверяется только условие самого предложения `JOIN`. Внешние условия проверяются позже.

`RIGHT OUTER JOIN`, напротив, возвращает все соединённые строки плюс одну строку для каждой строки справа, не имеющей соответствия слева (эта строка дополняется значениями NULL влево). Это предложение введено исключительно для удобства записи, так как его можно легко свести к `LEFT OUTER JOIN`, поменяв левую и правую таблицы местами.

`FULL OUTER JOIN` возвращает все соединённые строки плюс все строки слева, не имеющие соответствия справа, (дополненные значениями NULL вправо) плюс все строки справа, не имеющие соответствия слева (дополненные значениями NULL влево).

`ON` *условие_соединения*

Задаваемое *условие_соединения* представляет собой выражение, выдающее значение типа `boolean` (как в предложении `WHERE`), которое определяет, какие строки считаются соответствующими при соединении.

`USING (` *столбец_соединения* `[, ...] )`

Предложение вида `USING ( a, b, ... )` представляет собой сокращённую форму записи `ON таблица_слева.a = таблица_справа.a AND таблица_слева.b = таблица_справа.b ....` Кроме того, `USING` подразумевает, что в результат соединения будет включён только один из пары равных столбцов, но не оба.

`NATURAL`

`NATURAL` представляет собой краткую запись `USING` со списком, в котором перечисляются все столбцы двух таблиц, имеющие одинаковые имена. Если одинаковых имён нет, указание `NATURAL` равнозначно `ON TRUE`.

`CROSS JOIN`

Предложение `CROSS JOIN` равнозначно `INNER JOIN ON (TRUE)`, то есть с ним никакие строки по условию не удаляются. Оба эти предложения формируют простое декартово произведение — тот же результат получится, если указать две таблицы на верхнем уровне `FROM` и добавить в качестве ограничения условие соединения (если оно есть).

LATERAL

Ключевое слово LATERAL может предварять вложенный запрос SELECT в списке FROM. Оно позволяет обращаться в этом вложенном SELECT к столбцам элементов FROM, предшествующим ему в списке FROM. (Без LATERAL все вложенные подзапросы SELECT обрабатываются независимо и не могут ссылаться на другие элементы списка FROM.)

Слово LATERAL можно также добавить перед вызовом функции в списке FROM, но в этом случае оно будет избыточным, так как выражения с функциями могут ссылаться на предыдущие элементы списка FROM в любом случае.

Элемент LATERAL может находиться на верхнем уровне списка FROM или в дереве JOIN. В последнем случае он может также ссылаться на любые элементы в левой части JOIN, справа от которого он находится.

Когда элемент FROM содержит ссылки LATERAL, запрос выполняется следующим образом: сначала для строки элемента FROM с целевыми столбцами, или набора строк из нескольких элементов FROM, содержащих целевые столбцы, вычисляется элемент LATERAL со значениями этих столбцов. Затем результирующие строки обычным образом соединяются со строками, из которых они были вычислены. Эта процедура повторяется для всех строк исходных таблиц.

Таблица, служащая источником столбцов, должна быть связана с элементом LATERAL соединением INNER или LEFT, в противном случае не образуется однозначно определяемый набор строк, из которого можно будет получать наборы строк для элемента LATERAL. Таким образом, хотя конструкция *X* RIGHT JOIN LATERAL *Y* синтаксически правильная, *Y* в ней не может обращаться к *X*.

Предложение WHERE

Необязательное предложение WHERE имеет общую форму

```
WHERE условие
```

, где *условие* — любое выражение, выдающее результат типа boolean. Любая строка, не удовлетворяющая этому условию, исключается из результата. Строка удовлетворяет условию, если оно возвращает true при подстановке вместо ссылок на переменные фактических значений из этой строки.

Предложение GROUP BY

Необязательное предложение GROUP BY имеет общую форму

```
GROUP BY элемент_группирования [, ...]
```

GROUP BY собирает в одну строку все выбранные строки, выдающие одинаковые значения для выражений группировки. В качестве *выражения* внутри *элемента_группирования* может выступать имя входного столбца, либо имя или порядковый номер выходного столбца (из списка элементов SELECT), либо произвольное значение, вычисляемое по значениям входных столбцов. В случае неоднозначности имя в GROUP BY будет восприниматься как имя входного, а не выходного столбца.

Если в элементе группирования задаётся GROUPING SETS, ROLLUP или CUBE, предложение GROUP BY в целом определяет некоторое число независимых *наборов группирования*. Это даёт тот же эффект, что и объединение подзапросов (с UNION ALL) с отдельными наборами группирования в их предложениях GROUP BY. Подробнее использование наборов группирования описывается в Подразделе 7.2.4.

Агрегатные функции, если они используются, вычисляются по всем строкам, составляющим каждую группу, и в итоге выдают отдельное значение для каждой группы. (Если агрегатные функции используются без предложения GROUP BY, запрос выполняется как с одной группой, включающей все выбранные строки.) Набор строк, поступающих в каждую агрегатную функцию, можно дополнительно отфильтровать, добавив предложение FILTER к вызову агрегатной функции; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 4.2.7. С предложением FILTER на вход агрегатной функции поступают только те строки, которые соответствуют заданному фильтру.

Когда в запросе присутствует предложение GROUP BY или какая-либо агрегатная функция, выражения в списке SELECT не могут обращаться к негруппируемым столбцам, кроме как в агрегатных функциях или в случае функциональной зависимости, так как иначе в негруппируемом столбце нужно было бы вернуть более одного возможного значения. Функциональная зависимость образуется, если группируемые столбцы (или их подмножество) составляют первичный ключ таблицы, содержащей негруппируемый столбец.

Имейте в виду, что все агрегатные функции вычисляются перед «скалярными» выражениями в предложении HAVING или списке SELECT. Это значит, что например, с помощью выражения CASE нельзя обойти вычисление агрегатной функции; см. Подраздел 4.2.14.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с GROUP BY.

Предложение HAVING

Необязательное предложение HAVING имеет общую форму

```
HAVING условие
```

Здесь *условие* задаётся так же, как и для предложения WHERE.

HAVING исключает из результата строки групп, не удовлетворяющих условию. HAVING отличается от WHERE: WHERE фильтрует отдельные строки до применения GROUP BY, а HAVING фильтрует строки групп, созданных предложением GROUP BY. Каждый столбец, фигурирующий в *условии*, должен однозначно ссылаться на группируемый столбец, за исключением случаев, когда эта ссылка находится внутри агрегатной функции или негруппируемый столбец функционально зависит от группируемых.

В присутствие HAVING запрос превращается в группируемый, даже если GROUP BY отсутствует. То же самое происходит, когда запрос содержит агрегатные функции, но не предложение GROUP BY. Все выбранные строки считаются формирующими одну группу, а в списке SELECT и предложении HAVING можно обращаться к столбцам таблицы только из агрегатных функций. Такой запрос будет выдавать единственную строку, если результат условия HAVING — true, и ноль строк в противном случае.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с HAVING.

Предложение WINDOW

Необязательное предложение WINDOW имеет общую форму

```
WINDOW имя_окна AS ( определение_окна ) [, ...]
```

Здесь *имя_окна* — это имя, на которое можно ссылаться из предложений OVER или последующих определений окон, а *определение_окна* имеет следующий вид:

```
[ имя_существующего_окна ]
[ PARTITION BY выражение [, ...] ]
[ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
 [, ...] ]
[ предложение_рамки ]
```

Если указано *имя_существующего_окна*, оно должно ссылаться на предшествующую запись в списке WINDOW; новое окно копирует предложение секционирования из этой записи, а также предложение сортировки, если оно присутствует. В этом случае для нового окна нельзя задать собственное предложение PARTITION BY, а ORDER BY можно указать, только если его не было у копируемого окна. Новое окно всегда использует собственное предложение рамки; в копируемом окне оно задаваться не должно.

Элементы списка PARTITION BY интерпретируется во многом так же, как и элементы списка GROUP BY, за исключением того, что это всегда простые выражения, но не имя или номер выходного столбца. Другое различие состоит в том, что эти выражения могут содержать вызовы агрегатных функций, которые не допускаются в обычном предложении GROUP BY. Здесь они допускаются потому, что формирование окна происходит после группировки и агрегирования.

Подобным образом, элементы списка ORDER BY интерпретируются во многом так же, как и элементы предложения ORDER BY на уровне оператора, за исключением того, что они всегда воспринимаются как простые выражения, но не как имя или номер выходного столбца.

Необязательное *предложение_рамки* определяет *рамку окна* для оконных функций, которые зависят от рамки (не все функции таковы). Рамка окна — это набор связанных строк для каждой строки запроса (называемой *текущей строкой*). В качестве *предложения_рамки* может задаваться

```
{ RANGE | ROWS | GROUPS } начало_рамки [ исключение_рамки ]
{ RANGE | ROWS | GROUPS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки [ исключение_рамки ]
```

Здесь *начало_рамки* и *конец_рамки* может задаваться как

```
UNBOUNDED PRECEDING
смещение PRECEDING
CURRENT ROW
смещение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

и *исключение_рамки* может быть таким:

```
EXCLUDE CURRENT ROW
EXCLUDE GROUP
EXCLUDE TIES
EXCLUDE NO OTHERS
```

Если *конец_рамки* опущен, по умолчанию подразумевается CURRENT ROW. В качестве *начала_рамки* нельзя задать UNBOUNDED FOLLOWING, в качестве *конца_рамки* не допускается UNBOUNDED PRECEDING, и *конец_рамки* не может идти в показанном выше списке указаний *начало_рамки* AND *конец_рамки* перед *началом_рамки* — например, синтаксис RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND *смещение* PRECEDING не допускается.

По умолчанию рамка образуется предложением RANGE UNBOUNDED PRECEDING, что по сути то же, что RANGE BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND CURRENT ROW; оно устанавливает рамку так, что она включает все строки от начала раздела до последней строки, *родственной* текущей (строки, которые согласно указанному для окна предложению ORDER BY считаются равными текущей; если ORDER BY отсутствует, все строки считаются родственными). Вообще UNBOUNDED PRECEDING означает, что рамка начинается с первой строки раздела, а UNBOUNDED FOLLOWING означает, что рамка заканчивается на последней строке раздела, независимо от режима RANGE, ROWS или GROUPS. В режиме ROWS указание CURRENT ROW означает, что рамка начинается или заканчивается текущей строкой; но в режиме RANGE или GROUPS оно означает, что рамка начинается или заканчивается первой или последней строкой, родственной текущей, согласно порядку ORDER BY. Варианты *смещение* PRECEDING и *смещение* FOLLOWING означают разное в зависимости от режима рамки. В режиме ROWS целочисленное *смещение* определяет сдвиг, с которым начало рамки позиционируется перед текущей строкой, а конец рамки — после текущей строки. В режиме GROUPS целочисленное *смещение* аналогичным образом определяет сдвиг относительно группы строк, родственных текущей, где *группа родственных строк* — группа строк, считающихся равными согласно предложению ORDER BY для данного окна. В режиме RANGE для указания *смещения* необходимо присутствие в определении окна ровно одного столбца ORDER BY. Тогда рамка будет содержать те строки, в которых значение упорядочивающего столбца не более чем на *смещение* меньше (для PRECEDING) или больше (для FOLLOWING) значения упорядочивающего столбца в текущей строке. В этом случае тип данных выражения *смещение* зависит от типа данных упорядочивающего столбца. Для числовых столбцов это обычно тот же числовой тип, а для столбцов с типом дата/время — тип interval. Во всех этих случаях значение *смещения* должно быть отличным от NULL и неотрицательным. Кроме того, хотя *смещение* не обязательно должно быть простой константой, оно не может содержать переменные, агрегатные или оконные функции.

Дополнение *исключение_рамки* позволяет исключить из рамки строки, которые окружают текущую строку, даже если они должны быть включены согласно указаниям, определяющим начало и конец рамки. `EXCLUDE CURRENT ROW` исключает из рамки текущую строку. `EXCLUDE GROUP` исключает из рамки текущую строку и родственные ей согласно порядку сортировки. `EXCLUDE TIES` исключает из рамки все родственные строки для текущей, но не собственно текущую строку. `EXCLUDE NO OTHERS` просто явно выражает поведение по умолчанию — не исключает ни текущую строку, ни родственные ей.

Учтите, что в режиме `ROWS` могут выдаваться непредсказуемые результаты, если согласно порядку, заданному в `ORDER BY`, строки сортируются неоднозначно. Режимы `RANGE` и `GROUPS` предусмотрены для того, чтобы строки, являющиеся родственными в порядке `ORDER BY`, обрабатывались одинаково: все строки определённой группы попадут в одну рамку или будут исключены из неё.

Предложение `WINDOW` применяется для управления поведением *оконных функций*, фигурирующих в запросе, в списке `SELECT` или предложении `ORDER BY`. Эти функции могут обращаться к элементам `WINDOW` по именам в своих предложениях `OVER`. При этом элементы `WINDOW` не обязательно задействовать в запросе; если они не используются, они просто игнорируются. Оконные функции можно использовать вовсе без элементов `WINDOW`, так как в вызове оконной функции можно задать определение окна непосредственно в предложении `OVER`. Однако предложение `WINDOW` позволяет сократить текст запроса, когда одно и то же определение окна применяется при вызове нескольких оконных функций.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать вместе с `WINDOW`.

Оконные функции подробно описываются в Разделе 3.5, Подразделе 4.2.8 и Подразделе 7.2.5.

Список SELECT

Список `SELECT` (между ключевыми словами `SELECT` и `FROM`) содержит выражения, которые формируют выходные строки оператора `SELECT`. Эти выражения могут обращаться (и обычно обращаются) к столбцам, вычисленным в предложении `FROM`.

Так же, как в таблице, каждый выходной столбец `SELECT` имеет имя. В простом предложении `SELECT` это имя просто помечает столбец при выводе, но когда `SELECT` представляет собой подзапрос большого запроса, это имя большой запрос видит как имя столбца виртуальной таблицы, созданной подзапросом. Чтобы задать имя для выходного столбца, нужно написать `AS` *выходное_имя* после выражения столбца. (Слово `AS` можно опустить, но только если желаемое выходное имя не совпадает с каким-либо ключевым словом PostgreSQL (см. Приложение C). Чтобы не зависеть от появления новых ключевых слов в будущем, рекомендуется всегда писать `AS`, либо заключать имя в двойные кавычки.) Если имя столбца не задать, PostgreSQL выберет его автоматически. Если выражение столбца представляет собой просто ссылку на столбец, то выбранное таким образом имя будет совпадать с именем столбца. В более сложных случаях может использоваться имя функции или типа, либо в отсутствие других вариантов система может сгенерировать имя вроде `?column?`.

По имени выходного столбца можно обратиться к его значению в предложениях `ORDER BY` и `GROUP BY`, но не в `WHERE` или `HAVING`; в них вместо имени надо записывать всё выражение.

Вместо выражения в выходном списке можно указать `*`, что будет обозначать все столбцы выбранных строк. Кроме того, можно записать *имя_таблицы*`.*` как краткое обозначение всех столбцов, получаемых из данной таблицы. В этих случаях нельзя задать новые имена столбцов с помощью `AS`; именами выходных столбцов будут имена столбцов в таблице.

Согласно стандарту SQL, выражения в выходном списке должны вычисляться до применения `DISTINCT`, `ORDER BY` или `LIMIT`. Это, очевидно, необходимо для `DISTINCT`, так как иначе не будет ясно, какие значения должны выдаваться как уникальные. Однако во многих случаях выходные выражения удобнее вычислять после ORDER BY и LIMIT; в частности, если в выходном списке содержатся изменчивые или дорогостоящие функции. В этом случае порядок вычисления функций оказывается более интуитивным, а для строк, которые не попадут в результат, не будут производиться вычисления. PostgreSQL фактически будет вычислять выходные выражения после сортировки и ограничения их количества, если эти выражения не фигурируют в DISTINCT, ORDER BY или GROUP BY. (Например, в запросе SELECT f(x) FROM tab ORDER BY 1 функция f(x), несомненно, должна вычисляться перед сортировкой.) Выходные выражения, содержащие функции, возвращающие множества, фактически вычисляются после сортировки и до ограничения количества строк, так что LIMIT будет отбрасывать строки, выдаваемые функцией, возвращающей множество.

> ### Примечание
>
> В PostgreSQL до версии 9.6 никакой порядок вычисления выходных выражений по отношению к сортировке или ограничениям количества не гарантировался; он зависел от формы выбранного плана запроса.

Предложение DISTINCT

Если указано SELECT DISTINCT, все повторяющиеся строки исключаются из результирующего набора (из каждой группы дубликатов остаётся одна строка). SELECT ALL делает противоположное: сохраняет все строки; это поведение по умолчанию.

SELECT DISTINCT ON (*выражение* [, ...]) сохраняет только первую строку из каждого набора строк, для которого данное выражение даёт одинаковые значения. Выражения DISTINCT ON обрабатываются по тем же правилам, что и выражения ORDER BY (см. выше). Заметьте, что «первая строка» каждого набора непредсказуема, если только не применяется предложение ORDER BY, определяющее, какие строки должны быть первыми. Например:

```
SELECT DISTINCT ON (location) location, time, report
    FROM weather_reports
    ORDER BY location, time DESC;
```

возвращает самую последнюю сводку погоды для каждого местоположения. Но если бы мы не добавили ORDER BY, чтобы значения времени убывали, мы бы получили сводки по местоположениям от непредсказуемого времени.

Выражения DISTINCT ON должны соответствовать самым левым выражениям в ORDER BY. Предложение ORDER BY обычно содержит и другие выражения, которые определяют желаемый порядок строк в каждой группе DISTINCT ON.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с DISTINCT.

Предложение UNION+

Предложение UNION имеет следующую общую форму:

оператор_SELECT UNION [ALL | DISTINCT] *оператор_SELECT*

Здесь *оператор_SELECT* — это любой подзапрос SELECT без предложений ORDER BY, LIMIT, FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE. (ORDER BY и LIMIT можно добавить к вложенному выражению, если оно заключено в скобки. Без скобок эти предложения будут восприняты как применяемые к результату UNION, а не к выражению в его правой части.)

Оператор UNION вычисляет объединение множеств всех строк, возвращённых заданными запросами SELECT. Строка оказывается в объединении двух наборов результатов, если она присутствует минимум в одном наборе. Два оператора SELECT, представляющие прямые операнды UNION, должны выдавать одинаковое число столбцов, а типы соответствующих столбцов должны быть совместимыми.

Результат `UNION` не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр `ALL`. `ALL` предотвращает исключение дубликатов. (Таким образом, `UNION ALL` обычно работает значительно быстрее, чем `UNION`; поэтому, везде, где возможно, следует указывать `ALL`.) `DISTINCT` можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе `SELECT` нескольких операторов `UNION` они вычисляются слева направо, если иной порядок не определяется скобками.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать ни для результата `UNION`, ни для любого из подзапросов `UNION`.

Предложение `INTERSECT`

Предложение `INTERSECT` имеет следующую общую форму:

оператор_SELECT `INTERSECT [ ALL | DISTINCT ]` *оператор_SELECT*

Здесь *оператор_SELECT* — это любой подзапрос `SELECT` без предложений `ORDER BY`, `LIMIT`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`.

Оператор `INTERSECT` вычисляет пересечение множеств всех строк, возвращённых заданными запросами `SELECT`. Строка оказывается в пересечении двух наборов результатов, если она присутствует в обоих наборах.

Результат `INTERSECT` не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр `ALL`. С параметром `ALL` строка, повторяющаяся *m* раз в левой таблице и *n* раз в правой, будет выдана в результирующем наборе min(*m*,*n*) раз. `DISTINCT` можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе `SELECT` нескольких операторов `INTERSECT` они вычисляются слева направо, если иной порядок не диктуется скобками. `INTERSECT` связывает свои подзапросы сильнее, чем `UNION`. Другими словами, `A UNION B INTERSECT C` будет восприниматься как `A UNION (B INTERSECT C)`.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать ни для результата `INTERSECT`, ни для любого из подзапросов `INTERSECT`.

Предложение `EXCEPT`

Предложение `EXCEPT` имеет следующую общую форму:

оператор_SELECT `EXCEPT [ ALL | DISTINCT ]` *оператор_SELECT*

Здесь *оператор_SELECT* — это любой подзапрос `SELECT` без предложений `ORDER BY`, `LIMIT`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`.

Оператор `EXCEPT` вычисляет набор строк, которые присутствуют в результате левого запроса `SELECT`, но отсутствуют в результате правого.

Результат `EXCEPT` не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр `ALL`. С параметром `ALL` строка, повторяющаяся *m* раз в левой таблице и *n* раз в правой, будет выдана в результирующем наборе max(*m*-*n*,0) раз. `DISTINCT` можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе `SELECT` нескольких операторов `EXCEPT` они вычисляются слева направо, если иной порядок не диктуется скобками. `EXCEPT` связывает свои подзапросы так же сильно, как `UNION`.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать ни для результата `EXCEPT`, ни для любого из подзапросов `EXCEPT`.

Предложение ORDER BY

Необязательное предложение ORDER BY имеет следующую общую форму:

```
ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ] [, ...]
```

Предложение ORDER BY указывает, что строки результата должны сортироваться согласно заданным выражениям. Если две строки дают равные значения для самого левого выражения, проверяется следующее выражение и т. д. Если их значения оказываются равными для всех заданных выражений, строки возвращаются в порядке, определяемом реализацией.

В качестве *выражения* может задаваться имя или порядковый номер выходного столбца (элемента списка SELECT), либо произвольное выражение со значениями входных столбцов.

Порядковым номером в данном случае считается последовательный номер (при нумерации слева направо) позиции выходного столбца. Возможность указать порядковый номер позволяет выполнить сортировку по столбцу, не имеющему уникального имени. В принципе это не абсолютно необходимо, так как выходному столбцу всегда можно присвоить имя, воспользовавшись предложением AS.

В предложении ORDER BY также можно использовать произвольные выражения, в том числе, и со столбцами, отсутствующими в списке результатов SELECT. Таким образом, следующий оператор вполне корректен:

```
SELECT name FROM distributors ORDER BY code;
```

Однако если ORDER BY применяется к результату UNION, INTERSECT или EXCEPT, в нём можно задать только имя или номер выходного столбца, но не выражение.

Если в качестве выражения ORDER BY задано простое имя, которому соответствует и выходной, и входной столбец, то ORDER BY будет воспринимать его как имя выходного столбца. Этот выбор противоположен тому, что делает GROUP BY в такой же ситуации. Такая несогласованность допущена для соответствия стандарту SQL.

Дополнительно после любого выражения в предложении ORDER BY можно добавить ключевое слово ASC (по возрастанию) или DESC (по убыванию). По умолчанию подразумевается ASC. Кроме того, можно задать имя специфического оператора сортировки в предложении USING. Оператор сортировки должен быть членом «меньше» или «больше» некоторого семейства операторов B-дерева. ASC обычно равнозначно USING < и DESC обычно равнозначно USING >. (Хотя создатель нестандартного типа данных может определить по-другому порядок сортировки по умолчанию и поставить ему в соответствие операторы с другими именами.)

Если указано NULLS LAST, значения NULL при сортировке оказываются после значений не NULL; с указанием NULLS FIRST значения NULL оказываются перед значениями не NULL. Если не указано ни то, ни другое, по умолчанию подразумевается NULLS LAST при явно или неявно выбранном порядке ASC, либо NULLS FIRST при порядке DESC (то есть по умолчанию считается, что значения NULL больше значений не NULL). С предложением USING порядок NULL по умолчанию зависит от того, является ли указанный оператор оператором «меньше» или «больше».

Заметьте, что параметры сортировки применяются только к тому выражению, за которым они следуют; в частности, ORDER BY x, y DESC означает не то же самое, что ORDER BY x DESC, y DESC.

Данные символьных строк сортируются согласно правилу сортировки, установленному для сортируемого столбца. При необходимости это правило можно переопределить, добавив предложение COLLATE в *выражение*, например так: ORDER BY mycolumn COLLATE "en_US". За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 4.2.10 и Разделу 23.2.

Предложение LIMIT

Предложение LIMIT состоит из двух независимых вложенных предложений:

```
LIMIT { число | ALL }
OFFSET начало
```

Параметр *число* определяет максимальное количество строк, которое должно быть выдано, тогда как *начало* определяет, сколько строк нужно пропустить, прежде чем начать выдавать строки. Когда указаны оба значения, сначала строки пропускаются в количестве, заданном значением *начало*, а затем следующие строки выдаются в количестве, не превышающем значения *число*.

Если результатом выражения *число* оказывается NULL, предложение воспринимается как `LIMIT ALL`, т. е. число строк не ограничивается. Если *начало* принимает значение NULL, предложение воспринимается как `OFFSET 0`.

SQL:2008 вводит другой синтаксис для получения того же результата, и его так же поддерживает PostgreSQL. Он выглядит так:

```
OFFSET начало { ROW | ROWS }
FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } { ONLY | WITH TIES }
```

В этом синтаксисе значение *начало* или *число* в соответствии со стандартом должно быть буквальной константой, параметром или именем переменной; PostgreSQL позволяет использовать и другие выражения, но их обычно нужно заключать в скобки во избежание неоднозначности. Если *число* опускается в предложении `FETCH`, оно принимает значение 1. С указанием `WITH TIES` будут возвращены дополнительные строки, с точки зрения `ORDER BY` совпадающие с последней строкой набора результатов; в этом случае предложение `ORDER BY` обязательно, а `SKIP LOCKED` — недопустимо. Слова `ROW` и `ROWS`, а также `FIRST` и `NEXT` являются незначащими и не влияют на поведение этих предложений. Согласно стандарту предложение `OFFSET` должно идти перед `FETCH`, если они присутствуют вместе; но PostgreSQL менее строг и допускает любой порядок.

Применяя `LIMIT`, имеет смысл использовать также предложение `ORDER BY`, чтобы строки результата выдавались в определённом порядке. Иначе будут возвращаться непредсказуемые подмножества строк запроса — вы можете запросить строки с десятой по двадцатую, но какой порядок вы имеете в виду? Порядок будет неизвестен, если не добавить `ORDER BY`.

Планировщик запроса учитывает ограничение `LIMIT`, строя план выполнения запроса, поэтому, вероятнее всего, планы (а значит и порядок строк) будут меняться при разных `LIMIT` и `OFFSET`. Таким образом, различные значения `LIMIT`/`OFFSET`, выбирающие разные подмножества результатов запроса, *приведут к несогласованности результатов*, если не установить предсказуемую сортировку с помощью `ORDER BY`. Это не ошибка, а неизбежное следствие того, что SQL не гарантирует вывод результатов запроса в некотором порядке, если порядок не определён явно предложением `ORDER BY`.

Возможно даже, что при повторном выполнении одного и того же запроса с `LIMIT` будут получены разные подмножества строк таблицы, если предложение `ORDER BY` не диктует выбор определённого подмножества. Опять же, это не ошибка; в данном случае детерминированность результата просто не гарантируется.

Предложение блокировки

Предложения блокировки включают в себя `FOR UPDATE`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`; они влияют на то, как `SELECT` блокирует строки, получаемые из таблицы.

Предложение блокировки имеет следующую общую форму:

```
FOR вариант_блокировки [ OF имя_таблицы [, ...] ] [ NOWAIT | SKIP LOCKED ]
```

Здесь *вариант_блокировки* может быть следующим:

```
UPDATE
NO KEY UPDATE
SHARE
KEY SHARE
```

Подробнее о каждом режиме блокировки на уровне строк можно узнать в Подразделе 13.3.2.

Чтобы операция не ждала завершения других транзакций, к блокировке можно добавить указание `NOWAIT` или `SKIP LOCKED`. С `NOWAIT` оператор выдаёт ошибку, а не ждёт, если выбранную строку нельзя заблокировать немедленно. С указанием `SKIP LOCKED` выбранные строки, которые нельзя заблокировать немедленно, пропускаются. При этом формируется несогласованное представление данных, так что этот вариант не подходит для общего применения, но может использоваться для исключения блокировок при обращении множества потребителей к таблице типа очереди. Заметьте, что указания `NOWAIT` и `SKIP LOCKED` применяются только к блокировкам на уровне строк — необходимая блокировка `ROW SHARE` уровня таблицы запрашивается обычным способом (см. Главу 13). Если требуется запросить блокировку уровня таблицы без ожидания, можно сначала выполнить LOCK с указанием `NOWAIT`.

Если в предложении блокировки указаны определённые таблицы, блокироваться будут только строки, получаемые из этих таблиц; другие таблицы, задействованные в `SELECT`, будут прочитаны как обычно. Предложение блокировки без списка таблиц затрагивает все таблицы, задействованные в этом операторе. Если предложение блокировки применяется к представлению или подзапросу, оно затрагивает все таблицы, которые используются в представлении или подзапросе. Однако эти предложения не применяются к запросам `WITH`, к которым обращается основной запрос. Если требуется установить блокировку строк в запросе `WITH`, предложение блокировки нужно указать непосредственно в этом запросе `WITH`.

В случае необходимости задать для разных таблиц разное поведение блокировки, в запрос можно добавить несколько предложений. Если при этом одна и та же таблица упоминается (или неявно затрагивается) в нескольких предложениях блокировки, блокировка устанавливается так, как если бы было указано только одно, самое сильное из них. Подобным образом, если в одном из предложений указано `NOWAIT`, для этой таблицы блокировка будет запрашиваться без ожидания. В противном случае она будет обработана в режиме `SKIP LOCKED`, если он выбран в любом из затрагивающих её предложений.

Предложения блокировки не могут применяться в контекстах, где возвращаемые строки нельзя чётко связать с отдельными строками таблицы; например, блокировка неприменима при агрегировании.

Когда предложение блокировки находится на верхнем уровне запроса `SELECT`, блокируются именно те строки, которые возвращаются запросом; в случае с запросом объединения, блокировке подлежат строки, из которых составляются возвращаемые строки объединения. В дополнение к этому, заблокированы будут строки, удовлетворяющие условиям запроса на момент создания снимка запроса, хотя они не будут возвращены, если с момента снимка они изменятся и перестанут удовлетворять условиям. Если применяется `LIMIT`, блокировка прекращается, как только будет получено достаточное количество строк для удовлетворения лимита (но заметьте, что строки, пропускаемые указанием `OFFSET`, будут блокироваться). Подобным образом, если предложение блокировки применяется в запросе курсора, блокироваться будут только строки, фактически полученные или пройденные курсором.

Когда предложение блокировки находится в подзапросе `SELECT`, блокировке подлежат те строки, которые будет получены внешним запросом от подзапроса. Таких строк может оказаться меньше, чем можно было бы предположить, проанализировав только сам подзапрос, так как условия из внешнего запроса могут способствовать оптимизации выполнения подзапроса. Например, запрос

```
SELECT * FROM (SELECT * FROM mytable FOR UPDATE) ss WHERE col1 = 5;
```

заблокирует только строки, в которых `col1 = 5`, при том, что в такой записи условие не относится к подзапросу.

Предыдущие версии не могли сохранить блокировку, которая была повышена последующей точкой сохранения. Например, этот код:

```
BEGIN;
SELECT * FROM mytable WHERE key = 1 FOR UPDATE;
SAVEPOINT s;
UPDATE mytable SET ... WHERE key = 1;
ROLLBACK TO s;
```

не мог сохранить блокировку `FOR UPDATE` после `ROLLBACK TO`. Это было исправлено в версии 9.3.

Внимание

Возможно, что команда SELECT, работающая на уровне изоляции READ COMMITTED и применяющая предложение ORDER BY вместе с блокировкой, будет возвращать строки не по порядку. Это связано с тем, что ORDER BY выполняется в первую очередь. Эта команда отсортирует результат, но затем может быть заблокирована, пытаясь получить блокировку одной или нескольких строк. К моменту, когда блокировка SELECT будет снята, некоторые из сортируемых столбцов могут уже измениться, в результате чего их порядок может быть нарушен (хотя они были упорядочены для исходных значений). При необходимости обойти эту проблему, можно поместить FOR UPDATE/SHARE в подзапрос, например так:

```
SELECT * FROM (SELECT * FROM mytable FOR UPDATE) ss ORDER BY column1;
```

Заметьте, что в результате это приведёт к блокированию всех строк в mytable, тогда как указание FOR UPDATE на верхнем уровне могло бы заблокировать только фактически возвращаемые строки. Это может значительно повлиять на производительность, особенно в сочетании ORDER BY с LIMIT или другими ограничениями. Таким образом, этот приём рекомендуется, только если ожидается параллельное изменение сортируемых столбцов, а результат должен быть строго отсортирован.

На уровнях изоляции REPEATABLE READ и SERIALIZABLE это приведёт к ошибке сериализации (с SQLSTATE '40001'), так что на этих уровнях получить строки не по порядку невозможно.

Команда TABLE

Команда

```
TABLE имя
```

равнозначна

```
SELECT * FROM имя
```

Её можно применять в качестве команды верхнего уровня или как более краткую запись внутри сложных запросов. С командой TABLE могут использоваться только предложения WITH, UNION, INTERSECT, EXCEPT, ORDER BY, LIMIT, OFFSET, FETCH и предложения блокировки FOR; предложение WHERE и какие-либо формы агрегирования не поддерживаются.

Примеры

Соединение таблицы films с таблицей distributors:

```
SELECT f.title, f.did, d.name, f.date_prod, f.kind
    FROM distributors d JOIN films f USING (did);

       title       | did |     name     | date_prod  |   kind
-------------------+-----+--------------+------------+----------
 The Third Man     | 101 | British Lion | 1949-12-23 | Drama
 The African Queen | 101 | British Lion | 1951-08-11 | Romantic
 ...
```

Суммирование значений столбца len (продолжительность) для всех фильмов и группирование результатов по столбцу kind (типу фильма):

```
SELECT kind, sum(len) AS total FROM films GROUP BY kind;

   kind   | total
----------+-------
 Action   | 07:34
 Comedy   | 02:58
```

```
 Drama    | 14:28
 Musical  | 06:42
 Romantic | 04:38
```

Суммирование значений столбца `len` для всех фильмов, группирование результатов по столбцу `kind` и вывод только тех групп, общая продолжительность которых меньше 5 часов:

```
SELECT kind, sum(len) AS total
    FROM films
    GROUP BY kind
    HAVING sum(len) < interval '5 hours';

   kind   | total
----------+-------
 Comedy   | 02:58
 Romantic | 04:38
```

Следующие два запроса демонстрируют равнозначные способы сортировки результатов по содержимому второго столбца (`name`):

```
SELECT * FROM distributors ORDER BY name;
SELECT * FROM distributors ORDER BY 2;

 did |       name
-----+------------------
 109 | 20th Century Fox
 110 | Bavaria Atelier
 101 | British Lion
 107 | Columbia
 102 | Jean Luc Godard
 113 | Luso films
 104 | Mosfilm
 103 | Paramount
 106 | Toho
 105 | United Artists
 111 | Walt Disney
 112 | Warner Bros.
 108 | Westward
```

Следующий пример показывает объединение таблиц `distributors` и `actors`, ограниченное именами, начинающимися с буквы W в каждой таблице. Интерес представляют только неповторяющиеся строки, поэтому ключевое слово `ALL` опущено.

```
distributors:               actors:
 did |     name              id |     name
-----+--------------        ----+----------------
 108 | Westward               1 | Woody Allen
 111 | Walt Disney            2 | Warren Beatty
 112 | Warner Bros.           3 | Walter Matthau
 ...                         ...

SELECT distributors.name
    FROM distributors
    WHERE distributors.name LIKE 'W%'
UNION
SELECT actors.name
    FROM actors
    WHERE actors.name LIKE 'W%';

      name
```

```
-----------------
 Walt Disney
 Walter Matthau
 Warner Bros.
 Warren Beatty
 Westward
 Woody Allen
```

Этот пример показывает, как использовать функцию в предложении `FROM`, со списком определений столбцов и без него:

```
CREATE FUNCTION distributors(int) RETURNS SETOF distributors AS $$
    SELECT * FROM distributors WHERE did = $1;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM distributors(111);
 did |    name
-----+-------------
 111 | Walt Disney

CREATE FUNCTION distributors_2(int) RETURNS SETOF record AS $$
    SELECT * FROM distributors WHERE did = $1;
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT * FROM distributors_2(111) AS (f1 int, f2 text);
 f1  |     f2
-----+-------------
 111 | Walt Disney
```

Пример функции с добавленным столбцом нумерации:

```
SELECT * FROM unnest(ARRAY['a','b','c','d','e','f']) WITH ORDINALITY;
 unnest | ordinality
--------+----------
 a      |        1
 b      |        2
 c      |        3
 d      |        4
 e      |        5
 f      |        6
(6 rows)
```

Этот пример показывает, как использовать простое предложение `WITH`:

```
WITH t AS (
    SELECT random() as x FROM generate_series(1, 3)
  )
SELECT * FROM t
UNION ALL
SELECT * FROM t;
         x
--------------------
  0.534150459803641
  0.520092216785997
 0.0735620250925422
  0.534150459803641
  0.520092216785997
 0.0735620250925422
```

Заметьте, что запрос `WITH` выполняется всего один раз, поэтому мы получаем два одинаковых набора по три случайных значения.

В этом примере `WITH RECURSIVE` применяется для поиска всех подчинённых Мери (непосредственных или косвенных) и вывода их уровня косвенности в таблице с информацией только о непосредственных подчинённых:

```
WITH RECURSIVE employee_recursive(distance, employee_name, manager_name) AS (
    SELECT 1, employee_name, manager_name
    FROM employee
    WHERE manager_name = 'Mary'
  UNION ALL
    SELECT er.distance + 1, e.employee_name, e.manager_name
    FROM employee_recursive er, employee e
    WHERE er.employee_name = e.manager_name
  )
SELECT distance, employee_name FROM employee_recursive;
```

Заметьте, что это типичная форма рекурсивных запросов: начальное условие, последующий `UNION`, а затем рекурсивная часть запроса. Убедитесь в том, что рекурсивная часть запроса в конце концов перестанет возвращать строки, иначе запрос окажется в бесконечном цикле. (За другими примерами обратитесь к Разделу 7.8.)

В этом примере используется `LATERAL` для применения функции `get_product_names()`, возвращающей множество, для каждой строки таблицы `manufacturers`:

```
SELECT m.name AS mname, pname
FROM manufacturers m, LATERAL get_product_names(m.id) pname;
```

Производители, с которыми в данный момент не связаны никакие продукты, не попадут в результат, так как это внутреннее соединение. Если бы мы захотели включить названия и этих производителей, мы могли бы сделать так:

```
SELECT m.name AS mname, pname
FROM manufacturers m LEFT JOIN LATERAL get_product_names(m.id) pname ON true;
```

Совместимость

Разумеется, оператор `SELECT` совместим со стандартом SQL. Однако не все описанные в стандарте возможности реализованы, а некоторые, наоборот, являются расширениями.

Необязательное предложение `FROM`

PostgreSQL разрешает опустить предложение `FROM`. Это позволяет очень легко вычислять результаты простых выражений:

```
SELECT 2+2;

 ?column?
----------
        4
```

Некоторые другие базы данных SQL не допускают этого, требуя задействовать в `SELECT` фиктивную таблицу с одной строкой.

Заметьте, что если предложение `FROM` не указано, запрос не может обращаться ни к каким таблицам базы данных. Например, следующий запрос недопустим:

```
SELECT distributors.* WHERE distributors.name = 'Westward';
```

До версии 8.1 PostgreSQL мог принимать запросы такого вида, неявно добавляя каждую таблицу, задействованную в запросе, в предложение `FROM` этого запроса. Теперь это не допускается.

Пустые списки `SELECT`

Список выходных выражений после `SELECT` может быть пустым, что в результате даст таблицу без столбцов. Стандарт SQL не считает такой синтаксис допустимым, но PostgreSQL допускает его, так как это согласуется с возможностью иметь таблицы с нулём столбцов. Однако когда используется DISTINCT, пустой список не допускается.

Необязательное ключевое слово AS

В стандарте SQL необязательное ключевое слово AS можно опустить перед именем выходного столбца, если это имя является допустимым именем столбца (то есть не совпадает с каким-либо зарезервированным ключевым словом). PostgreSQL несколько более строг: AS требуется, если имя столбца совпадает с любым ключевым словом, зарезервированным или нет. Тем не менее рекомендуется использовать AS или заключать имена выходных столбцов в кавычки, во избежание конфликтов, возможных при появлении в будущем новых ключевых слов.

В списке FROM и стандарт, и PostgreSQL позволяют опускать AS перед псевдонимом, который является незарезервированным ключевым словом. Но для имён выходных столбцов это не подходит из-за синтаксической неоднозначности.

ONLY и наследование

Стандарт SQL требует заключать в скобки имя таблицы после ONLY, например SELECT * FROM ONLY (tab1), ONLY (tab2) WHERE .... PostgreSQL считает эти скобки необязательными.

PostgreSQL позволяет добавлять в конце *, чтобы явно обозначить, что дочерние таблицы включаются в рассмотрение, в отличие от поведения с ONLY. Стандарт не позволяет этого.

(Эти соображения в равной степени касаются всех SQL-команд, поддерживающих параметр ONLY.)

Ограничения предложения TABLESAMPLE

Предложение TABLESAMPLE в настоящий момент принимается только для обычных таблиц и материализованных представлений. Однако согласно стандарту SQL оно должно применяться к любым элементам списка FROM.

Вызовы функций в предложении FROM

PostgreSQL позволяет записать вызов функции непосредственно в виде элемента списка FROM. В стандарте SQL такой вызов функции требуется помещать во вложенный SELECT; то есть, запись FROM *функция*(...) *псевдоним* примерно равнозначна записи FROM LATERAL (SELECT *функция*(...)) *псевдоним*. Заметьте, что указание LATERAL считается неявным; это связано с тем, что стандарт требует поведения LATERAL для элемента UNNEST() в предложении FROM. PostgreSQL обрабатывает UNNEST() так же, как и другие функции, возвращающие множества.

Пространства имён в GROUP BY и ORDER BY

В стандарте SQL-92 предложение ORDER BY может содержать ссылки только на выходные столбцы по именам или номерам, тогда как GROUP BY может содержать выражения с именами только входных столбцов. PostgreSQL расширяет оба эти предложения, позволяя также применять другие варианты (но если возникает неоднозначность, он разрешает её согласно стандарту). PostgreSQL также позволяет задавать произвольные выражения в обоих предложениях. Заметьте, что имена, фигурирующие в выражениях, всегда будут восприниматься как имена входных, а не выходных столбцов.

В SQL:1999 и более поздних стандартах введено несколько другое определение, которое не полностью совместимо с SQL-92. Однако в большинстве случаев PostgreSQL будет интерпретировать выражение ORDER BY или GROUP BY так, как требует SQL:1999.

Функциональные зависимости

PostgreSQL распознаёт функциональную зависимость (что позволяет опускать столбцы в GROUP BY), только когда первичный ключ таблицы присутствует в списке GROUP BY. В стандарте SQL оговариваются дополнительные условия, которые следует учитывать.

LIMIT **и** OFFSET

Предложения LIMIT и OFFSET относятся к специфическим особенностям PostgreSQL и поддерживаются также в MySQL. В стандарте SQL:2008 для той же цели вводятся предложения OFFSET ... FETCH {FIRST|NEXT} ..., рассмотренные ранее в Предложение LIMIT. Этот синтаксис также используется в IBM DB2. (Приложения, написанные для Oracle, часто применяют обходной способ и получают эффект этих предложений, задействуя автоматически генерируемый столбец rownum, который отсутствует в PostgreSQL.)

FOR NO KEY UPDATE**,** FOR UPDATE**,** FOR SHARE**,** FOR KEY SHARE

Хотя указание FOR UPDATE есть в стандарте SQL, стандарт позволяет использовать его только в предложении DECLARE CURSOR. PostgreSQL допускает его использование в любом запросе SELECT, а также в подзапросах SELECT, но это является расширением. Варианты FOR NO KEY UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE, а также указания NOWAIT и SKIP LOCKED в стандарте отсутствуют.

Изменение данных в WITH

PostgreSQL разрешает использовать INSERT, UPDATE и DELETE в качестве запросов WITH. Стандарт SQL этого не предусматривает.

Нестандартные предложения

DISTINCT ON (...) — расширение стандарта SQL.

ROWS FROM(...) — расширение стандарта SQL.

Указания MATERIALIZED и NOT MATERIALIZED предложения WITH относятся к расширениям стандарта SQL.

SELECT INTO

SELECT INTO — создать таблицу из результатов запроса

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
SELECT [ ALL | DISTINCT [ ON ( выражение [, ...] ) ] ]
    [ { * | выражение [ [ AS ] имя_результата ] } [, ...] ]
    INTO [ TEMPORARY | TEMP | UNLOGGED ] [ TABLE ] новая_таблица
    [ FROM элемент_FROM [, ...] ]
    [ WHERE условие ]
    [ GROUP BY выражение [, ...] ]
    [ HAVING условие ]
    [ WINDOW имя_окна AS ( определение_окна ) [, ...] ]
    [ { UNION | INTERSECT | EXCEPT } [ ALL | DISTINCT ] выборка ]
    [ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
 [, ...] ]
    [ LIMIT { число | ALL } ]
    [ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]
    [ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY ]
    [ FOR { UPDATE | SHARE } [ OF имя_таблицы [, ...] ] [ NOWAIT ] [...] ]
```

Описание

`SELECT INTO` создаёт новую таблицу и заполняет её данными, полученными из запроса. Данные не передаются клиенту, как с обычной командой `SELECT`. Столбцы новой таблицы получают имена и типы данных, связанные с выходными столбцами `SELECT`.

Параметры

`TEMPORARY` или `TEMP`

Если указано, создаваемая таблица будет временной. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

`UNLOGGED`

Если указано, создаваемая таблица будет нежурналируемой. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

`новая_таблица`

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

Все другие параметры подробно описываются в SELECT.

Примечания

Команда `SELECT INTO` действует подобно CREATE TABLE AS, но рекомендуется использовать `CREATE TABLE AS`, так как `SELECT INTO` не поддерживается в ECPG и PL/pgSQL, вследствие того, что они воспринимают предложение `INTO` по-своему. К тому же, `CREATE TABLE AS` предоставляет больший набор возможностей, чем `SELECT INTO`.

В отличие от `CREATE TABLE AS`, команда `SELECT INTO` не позволяет задать свойства таблицы, например выбрать метод доступа с помощью указания `USING` *`метод`* или табличное пространство с помощью `TABLESPACE` *`табл_пространство`*. Если это требуется, используйте команду CREATE TABLE AS. Таким образом, для новой таблицы выбирается метод доступа к таблицам по умолчанию. За дополнительными сведениями обратитесь к default_table_access_method.

Примеры

Создание таблицы films_recent, содержащей только последние записи из таблицы films:

```
SELECT * INTO films_recent FROM films WHERE date_prod >= '2002-01-01';
```

Совместимость

В стандарте SQL команда SELECT INTO применяется для передачи скалярных значений клиентской программе, но не для создания новой таблицы. Именно это применение имеет место в ECPG (см. Главу 35) и в PL/pgSQL (см. Главу 42). В PostgreSQL команда SELECT INTO связана с созданием таблицы по историческим причинам. В новом коде для этих целей лучше использовать CREATE TABLE AS.

См. также

CREATE TABLE AS

SET

SET — изменить параметр времени выполнения

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] параметр_конфигурации { TO | = } { значение | 'значение' |
 DEFAULT }
SET [ SESSION | LOCAL ] TIME ZONE { значение | 'значение' | LOCAL | DEFAULT }
```

Описание

Команда `SET` изменяет конфигурационные параметры времени выполнения. С помощью `SET` можно «на лету» изменить многие из параметров, перечисленных в Главе 19. (Но для изменения некоторых могут потребоваться права суперпользователя, а другие нельзя изменять после запуска сервера или сеанса.) `SET` влияет на значение параметра только в рамках текущего сеанса.

Если команда `SET` (или равнозначная `SET SESSION`) выполняется внутри транзакции, которая затем прерывается, эффект команды `SET` пропадает, когда транзакция откатывается. Если же окружающая транзакция фиксируется, этот эффект сохраняется до конца сеанса, если его не переопределит другая команда `SET`.

Действие `SET LOCAL` продолжается только до конца текущей транзакции, независимо от того, фиксируется она или нет. Особый случай представляет использование `SET` с последующей `SET LOCAL` в одной транзакции: значение, заданное `SET LOCAL`, будет сохраняться до конца транзакции, но после этого (если транзакция фиксируется) восстановится значение, заданное командой `SET`.

Действия `SET` или `SET LOCAL` также отменяются при откате к точке сохранения, установленной до выполнения этих команд.

Если `SET LOCAL` применяется в функции, параметр `SET` для которой устанавливает значение той же переменной (см. CREATE FUNCTION), действие команды `SET LOCAL` прекращается при выходе из функции; то есть, в любом случае восстанавливается значение, существовавшее при вызове функции. Это позволяет использовать `SET LOCAL` для динамических и неоднократных изменений параметра в рамках функции, и при этом иметь удобную возможность использовать параметр `SET` для сохранения и восстановления значения, полученного извне. Однако обычная команда `SET` переопределяет любой параметр `SET` окружающей функции; её действие сохраняется, если не происходит откат транзакции.

> **Примечание**
>
> В PostgreSQL с версии 8.0 до 8.2 действие `SET LOCAL` могло отменяться при освобождении ранее установленной точки сохранения или при успешном выходе из блока исключения PL/pgSQL. Затем это поведение было признано неинтуитивным, и было изменено.

Параметры

`SESSION`

Указывает, что команда действует в рамках текущего сеанса. (Это поведение по умолчанию, если не указано ни `SESSION`, ни `LOCAL`.)

`LOCAL`

Указывает, что команда действует только в рамках текущей транзакции. После `COMMIT` или `ROLLBACK` в силу вновь вступает значение, определённое на уровне сеанса. При выполнении такой команды вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

параметр_конфигурации

Имя устанавливаемого параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и ниже.

значение

Новое значение параметра. Параметры могут задаваться в виде строковых констант, идентификаторов, чисел или списков перечисленных типов через запятую, в зависимости от конкретного параметра. Указание `DEFAULT` в данном контексте позволяет сбросить параметр к значению по умолчанию (то есть, к тому значению, которое он имел бы, если в текущем сеансе не выполнялись бы команды `SET`).

Помимо конфигурационных параметров, описанных в Главе 19, есть ещё несколько параметров, которые можно изменить только командой `SET` или которые имеют особый синтаксис:

`SCHEMA`

`SET SCHEMA 'значение'` — альтернативное написание команды `SET search_path TO значение`. Такой синтаксис позволяет указать только одну схему.

`NAMES`

`SET NAMES значение` — альтернативное написание команды `SET client_encoding TO значение`.

`SEED`

Устанавливает внутреннее начальное значение для генератора случайных чисел (функции `random`). В качестве значения допускаются числа с плавающей точкой от -1 до 1 включительно.

Это начальное значение также можно установить, вызвав функцию `setseed`:

```
SELECT setseed(значение);
```

`TIME ZONE`

`SET TIME ZONE 'значение'` — альтернативное написание команды `SET timezone TO 'значение'`. Синтаксис `SET TIME ZONE` позволяет указывать часовой пояс в специальном формате. Например, допускаются следующие значения:

`'America/Los_Angeles'`

Часовой пояс Беркли, штат Калифорния.

`'Europe/Rome'`

Часовой пояс Италии.

`-7`

Часовой пояс, сдвинутый от UTC на 7 часов к западу (равнозначен PDT). Положительные значения означают сдвиг от UTC к востоку.

`INTERVAL '-08:00' HOUR TO MINUTE`

Часовой пояс, сдвинутый от UTC на 8 часов к западу (равнозначен PST).

`LOCAL`
`DEFAULT`

Устанавливает в качестве часового пояса местный часовой пояс (то есть, значение серверного параметра `timezone` по умолчанию).

Значения часового пояса, заданные в виде чисел или интервалов, внутри переводятся в формат часовых поясов POSIX. Например, после `SET TIME ZONE -7`, команда `SHOW TIME ZONE` покажет `<-07>+07`.

Аббревиатуры часовых поясов команда SET не поддерживает; узнать о часовых поясах подробнее можно в Подразделе 8.5.3.

Примечания

Также изменить значение параметра можно с помощью функции set_config; см. Подраздел 9.27.1. Кроме того, выполнив UPDATE в системном представлении pg_settings, можно произвести то же действие, что выполняет SET.

Примеры

Установка пути поиска схем:

```
SET search_path TO my_schema, public;
```

Установка традиционного стиля даты POSTGRES с форматом ввода «день, месяц, год»:

```
SET datestyle TO postgres, dmy;
```

Установка часового пояса для Беркли, штат Калифорния:

```
SET TIME ZONE 'America/Los_Angeles';
```

Установка часового пояса Италии:

```
SET TIME ZONE 'Europe/Rome';
```

Совместимость

SET TIME ZONE расширяет синтаксис, определённый в стандарте SQL. Стандарт допускает только числовые смещения часовых поясов, тогда как PostgreSQL позволяет задавать часовой пояс более гибко. Все другие функции SET являются расширениями PostgreSQL.

См. также

RESET, SHOW

SET CONSTRAINTS

SET CONSTRAINTS — установить время проверки ограничений для текущей транзакции

Синтаксис

```
SET CONSTRAINTS { ALL | имя [, ...] } { DEFERRED | IMMEDIATE }
```

Описание

`SET CONSTRAINTS` определяет, когда будут проверяться ограничения в текущей транзакции. Ограничения `IMMEDIATE` проверяются в конце каждого оператора, а ограничения `DEFERRED` откладываются до фиксации транзакции. Режим `IMMEDIATE` или `DEFERRED` задаётся для каждого ограничения независимо.

При создании ограничение получает одну из следующих характеристик: `DEFERRABLE INITIALLY DEFERRED` (откладываемое, изначально отложенное), `DEFERRABLE INITIALLY IMMEDIATE` (откладываемое, изначально немедленное) или `NOT DEFERRABLE` (неоткладываемое). Третий вариант всегда подразумевает `IMMEDIATE` и на него команда `SET CONSTRAINTS` не влияет. Первые два варианта запускаются в каждой транзакции в указанном режиме, но их поведение можно изменить в рамках транзакции командой `SET CONSTRAINTS`.

`SET CONSTRAINTS` со списком имён ограничений меняет режим только этих ограничений (все они должны быть откладываемыми). Имя любого ограничения можно дополнить схемой. Если имя схемы не указано, в поисках первого подходящего имени будет просматриваться текущий путь поиска схем. `SET CONSTRAINTS ALL` меняет режим всех откладываемых ограничений.

Когда `SET CONSTRAINTS` меняет режим ограничения с `DEFERRED` на `IMMEDIATE`, новый режим начинает действовать в обратную сторону: все изменения данных, ожидающие проверки в конце транзакции, вместо этого проверяются в момент выполнения команды `SET CONSTRAINTS`. Если какое-либо ограничение нарушается, при выполнении `SET CONSTRAINTS` происходит ошибка (и режим проверки не меняется). Таким образом, с помощью `SET CONSTRAINTS` можно принудительно проверить ограничения в определённом месте транзакции.

В настоящее время это распространяется только на ограничения `UNIQUE`, `PRIMARY KEY`, `REFERENCES` (внешний ключ) и `EXCLUDE`. Ограничения `NOT NULL` и `CHECK` всегда проверяются немедленно в момент добавления или изменения строки (*не* в конце оператора). Ограничения уникальности и ограничения-исключения, объявленные без указания `DEFERRABLE`, так же проверяются немедленно.

Срабатывание триггеров, объявленных как «триггеры ограничений» так же зависит от этой команды — они срабатывают в момент, когда должно проверяться соответствующее ограничение.

Примечания

Так как PostgreSQL не требует, чтобы имена ограничений были уникальны в схеме (достаточно уникальности в таблице), возможно, что для заданного имени найдётся несколько соответствующих ограничений. В этом случае `SET CONSTRAINTS` подействует на все эти ограничения. Для имён без указания схемы, её действие будет распространяться только на ограничение(я), найденное в первой из схем; другие схемы просматриваться не будут.

Эта команда меняет поведение ограничений только в текущей транзакции. При выполнении этой команды вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

Совместимость

Эта команда реализует поведение, описанное в стандарте SQL, с одним исключением — в PostgreSQL она не влияет на проверку ограничений `NOT NULL` и `CHECK`. Кроме того, PostgreSQL проверяет неоткладываемые ограничения уникальности немедленно, а не в конце оператора, как предлагает стандарт.

SET ROLE

SET ROLE — установить идентификатор текущего пользователя в рамках сеанса

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] ROLE имя_роли
SET [ SESSION | LOCAL ] ROLE NONE
RESET ROLE
```

Описание

Эта команда меняет идентификатор текущего пользователя в активном сеансе SQL на *имя_роли*. Имя роли может быть записано в виде идентификатора или строковой константы. После `SET ROLE`, права доступа для команд SQL проверяются так, как если бы сеанс изначально был установлен с этим именем роли.

Указывая определённое *имя_роли*, текущий пользователь должен являться членом этой роли. (Если пользователь сеанса является суперпользователем, он может выбрать любую роль.)

Указания `SESSION` и `LOCAL` действуют на эту команду так же, как и на обычную команду SET.

`SET ROLE NONE` устанавливает в качестве идентификатора текущего пользователя идентификатор текущего пользователя сеанса, выдаваемый функцией `session_user`. `RESET ROLE` устанавливает в качестве идентификатора текущего пользователя значение, заданное во время подключения параметрами командной строки либо командой `ALTER ROLE` или `ALTER DATABASE`. Если же такое значение не задано, в качестве идентификатора текущего пользователя так же устанавливается идентификатор текущего пользователя сеанса. Эти формы могут выполняться любыми пользователями.

Примечания

С помощью этой команды можно как добавить права, так и ограничить их. Если роль пользователя сеанса имеет атрибут `INHERIT`, она автоматически получает права всех ролей, на которые может переключиться (с помощью `SET ROLE`); в этом случае `SET ROLE` убирает все права, назначенные непосредственно пользователю сеанса и другим ролям, в которые он включён, и оставляет только права, назначенные указанной роли. Если же роль пользователя сеанса имеет атрибут `NOINHERIT`, `SET ROLE` убирает права, назначенные непосредственно пользователю сеанса, и вместо них назначает права, которые имеет указанная роль.

В частности, когда суперпользователь переключается на роль не суперпользователя (используя `SET ROLE`), он теряет свои права суперпользователя.

`SET ROLE` оказывает действие, сравнимое с SET SESSION AUTHORIZATION, но проверка прав выполняется по-другому. Также `SET SESSION AUTHORIZATION` определяет, какие роли разрешены для последующей `SET ROLE`, тогда как при смене ролей командой `SET ROLE` набор ролей, допустимых для последующей команды `SET ROLE`, не меняется.

`SET ROLE` не обрабатывает сеансовые переменные, указанные в свойствах роли (ALTER ROLE); они устанавливаются только при подключении.

`SET ROLE` нельзя использовать внутри функции с характеристикой `SECURITY DEFINER`.

Примеры

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;

 session_user | current_user
--------------+--------------
```

```
 peter         | peter

SET ROLE 'paul';

SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;

 session_user | current_user
--------------+--------------
 peter         | paul
```

Совместимость

PostgreSQL принимает идентификаторы ("*имя_роли*"), тогда как стандарт SQL требует, чтобы имя роли записывалось в виде строковой константы. Стандарт не позволяет выполнять эту команду в транзакции; в PostgreSQL такого ограничения нет, так как для него нет причины. Указания `SESSION` и `LOCAL` относятся к расширениям PostgreSQL, так же, как и синтаксис `RESET`.

См. также

SET SESSION AUTHORIZATION

SET SESSION AUTHORIZATION

SET SESSION AUTHORIZATION — установить идентификатор пользователя сеанса и идентификатор текущего пользователя в рамках сеанса

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] SESSION AUTHORIZATION имя_пользователя
SET [ SESSION | LOCAL ] SESSION AUTHORIZATION DEFAULT
RESET SESSION AUTHORIZATION
```

Описание

Эта команда меняет идентификатор пользователя сеанса и идентификатор текущего пользователя в рамках активного сеанса SQL на *имя_пользователя*. Имя пользователя может быть записано в виде идентификатора или строковой константы. С помощью этой команды, можно, например, временно переключиться на непривилегированного пользователя, сохранив возможность затем стать суперпользователем.

Идентификатором пользователя сеанса изначально принимается имя пользователя, введённое клиентом (возможно, прошедшее проверку подлинности). Идентификатор текущего пользователя обычно совпадает с идентификатором пользователя сеанса, но может временно меняться в функциях с характеристикой SECURITY DEFINER и подобными механизмами; также его можно изменить командой SET ROLE. Идентификатор текущего пользователя принимается во внимание при проверке разрешений.

Идентификатор пользователя сеанса можно изменить, только если начальный пользователь сеанса (*аутентифицированный пользователь*) имеет права суперпользователя. В противном случае эта команда разрешается, только если в ней указывается имя аутентифицированного пользователя.

Указания SESSION и LOCAL действуют на эту команду так же, как и на обычную команду SET.

Формы DEFAULT и RESET сбрасывают идентификаторы текущего пользователя и пользователя сеанса, так что текущим становится пользователь, изначально проходивший проверку подлинности. Эти формы могут выполняться любым пользователем.

Примечания

SET SESSION AUTHORIZATION нельзя использовать в функции с характеристикой SECURITY DEFINER.

Примеры

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;

 session_user | current_user
--------------+--------------
 peter        | peter

SET SESSION AUTHORIZATION 'paul';

SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;

 session_user | current_user
--------------+--------------
 paul         | paul
```

Совместимость

Стандарт SQL позволяет вместо строковой константы *имя_пользователя* указывать некоторые другие выражения, но на практике это не очень полезно. PostgreSQL допускает синтаксис идентификаторов ("*имя_пользователя*"), а стандарт SQL — нет. Стандарт не позволяет выполнять эту команду в транзакции; в PostgreSQL такого ограничения нет, так как для него нет причины. Указания `SESSION` и `LOCAL` относятся к расширениям PostgreSQL, так же, как и синтаксис `RESET`.

Набор прав, требуемых для выполнения этой команды, согласно стандарту, определяется реализацией.

См. также

SET ROLE

SET TRANSACTION

SET TRANSACTION — установить характеристики текущей транзакции

Синтаксис

```
SET TRANSACTION режим_транзакции [, ...]
SET TRANSACTION SNAPSHOT id_снимка
SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION режим_транзакции [, ...]

Где режим_транзакции может быть следующим:

    ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ
 UNCOMMITTED }
    READ WRITE | READ ONLY
    [ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

Команда `SET TRANSACTION` устанавливает характеристики текущей транзакции. На последующие транзакции она не влияет. `SET SESSION CHARACTERISTICS` устанавливает характеристики транзакции по умолчанию для последующих транзакций в рамках сеанса. Заданные по умолчанию характеристики затем можно переопределить для отдельных транзакций командой `SET TRANSACTION`.

К характеристикам транзакции относится уровень изоляции транзакции, режим доступа транзакции (чтение/запись или только чтение) и допустимость её откладывания. В дополнение к ним можно выбрать снимок, но только для текущей транзакции, не для сеанса по умолчанию.

Уровень изоляции транзакции определяет, какие данные может видеть транзакция, когда параллельно с ней выполняются другие транзакции:

`READ COMMITTED`

Оператор видит только те строки, которые были зафиксированы до начала его выполнения. Этот уровень устанавливается по умолчанию.

`REPEATABLE READ`

Все операторы текущей транзакции видят только те строки, которые были зафиксированы перед первым запросом на выборку или изменение данных, выполненным в этой транзакции.

`SERIALIZABLE`

Все операторы текущей транзакции видят только те строки, которые были зафиксированы перед первым запросом на выборку или изменение данных, выполненным в этой транзакции. Если наложение операций чтения и записи параллельных сериализуемых транзакций может привести к ситуации, невозможной при последовательном их выполнении (когда одна транзакция выполняется за другой), произойдёт откат одной из транзакций с ошибкой `serialization_failure` (сбой сериализации).

В стандарте SQL определён ещё один уровень, `READ UNCOMMITTED`. В PostgreSQL уровень `READ UNCOMMITTED` обрабатывается как `READ COMMITTED`.

Уровень изоляции транзакции нельзя изменить после выполнения первого запроса на выборку или изменение данных (`SELECT`, `INSERT`, `DELETE`, `UPDATE`, `FETCH` или `COPY`) в текущей транзакции. За дополнительными сведениями об изоляции транзакций и управлении параллельным доступом обратитесь к Главе 13.

Режим доступа транзакции определяет, будет ли транзакция только читать данные или будет и читать, и писать. По умолчанию подразумевается чтение/запись. В транзакции без записи запрещаются следующие команды SQL: `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `COPY FROM`, если только целевая таблица не временная; любые команды `CREATE`, `ALTER` и `DROP`, а также `COMMENT`, `GRANT`, `REVOKE`, `TRUNCATE`; кроме того, запрещаются `EXPLAIN ANALYZE` и `EXECUTE`, если команда, которую они должны выполнить, относится к вышеперечисленным. Это высокоуровневое определение режима только для чтения, которое в принципе не исключает запись на диск.

Свойство `DEFERRABLE` оказывает влияние, только если транзакция находится также в режимах `SERIALIZABLE` и `READ ONLY`. Когда для транзакции установлены все три этих свойства, транзакция может быть заблокирована при первой попытке получить свой снимок данных, после чего она сможет выполняться без дополнительных усилий, обычных для режима `SERIALIZABLE`, и без риска привести к сбою сериализации или пострадать от него. Этот режим подходит для длительных операций, например для построения отчётов или резервного копирования.

Команда `SET TRANSACTION SNAPSHOT` позволяет выполнить новую транзакцию со *снимком данных*, который имеет уже существующая. Эта ранее созданная транзакция должна экспортировать этот снимок с помощью функции `pg_export_snapshot` (см. Подраздел 9.27.5). Эта функция возвращает идентификатор снимка, который и нужно передать команде `SET TRANSACTION SNAPSHOT` в качестве идентификатора импортируемого снимка. В данной команде этот идентификатор должен записываться в виде строковой константы, например `'00000003-0000001B-1'`. `SET TRANSACTION SNAPSHOT` можно выполнить только в начале транзакции, до первого запроса на выборку или изменение данных (`SELECT`, `INSERT`, `DELETE`, `UPDATE`, `FETCH` или `COPY`) в текущей транзакции. Более того, для транзакции уже должен быть установлен уровень изоляции `SERIALIZABLE` или `REPEATABLE READ` (в противном случае снимок будет сразу же потерян, так как на уровне `READ COMMITTED` для каждой команды делается новый снимок). Если импортирующая транзакция работает на уровне изоляции `SERIALIZABLE`, то транзакция, экспортирующая снимок, также должна работать на этом уровне. Кроме того, транзакции в режиме чтение/запись не могут импортировать снимок из транзакции в режиме «только чтение».

Примечания

Если команде `SET TRANSACTION` не предшествует `START TRANSACTION` или `BEGIN`, она выдаёт предупреждение и больше ничего не делает.

Без `SET TRANSACTION` можно обойтись, задав требуемые *`режимы_транзакции`* в операторах `BEGIN` или `START TRANSACTION`. Но для `SET TRANSACTION SNAPSHOT` такой возможности не предусмотрено.

Режимы транзакции для сеанса по умолчанию можно также задать или прочитать в конфигурационных переменных default_transaction_isolation, default_transaction_read_only и default_transaction_deferrable. (На практике, `SET SESSION CHARACTERISTICS` — это просто более многословная альтернатива изменению этих переменных командой `SET`.) Это значит, что значения этих переменных по умолчанию можно задать в файле конфигурации, с помощью команды `ALTER DATABASE` и т. д. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

Режимы текущей транзакции можно также задать или прочитать в конфигурационных переменных default_transaction_isolation, transaction_read_only и transaction_deferrable. Присвоение значения одному из этих параметров равнозначна использованию `SET TRANSACTION` с теми же ограничениями по применению. Однако эти параметры нельзя задать в конфигурационном файле или каким-то ещё образом, кроме как непосредственно в SQL.

Примеры

Чтобы начать новую транзакцию со снимком данных, который получила уже существующая транзакция, его нужно сначала экспортировать из первой транзакции. При этом будет получен идентификатор снимка, например:

```
BEGIN TRANSACTION ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
SELECT pg_export_snapshot();
 pg_export_snapshot
---------------------
```

```
 00000003-0000001B-1
(1 row)
```

Затем этот идентификатор нужно передать команде `SET TRANSACTION SNAPSHOT` в начале новой транзакции:

```
BEGIN TRANSACTION ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
SET TRANSACTION SNAPSHOT '00000003-0000001B-1';
```

Совместимость

Эти команды определены в стандарте SQL, за исключением режима транзакции `DEFERRABLE` и формы `SET TRANSACTION SNAPSHOT`, которые являются расширениями PostgreSQL.

В стандарте уровнем изоляции по умолчанию является `SERIALIZABLE`. В PostgreSQL уровнем по умолчанию обычно считается `READ COMMITTED`, но его можно изменить, как описано выше.

В стандарте SQL есть ещё одна характеристика транзакции, которую нельзя задать этими командами: размер диагностической области. Эта специфическая концепция встраиваемого SQL, поэтому в сервере PostgreSQL она не реализована.

Стандарт SQL требует, чтобы последовательные *режимы_транзакций* разделялись запятыми, но по историческим причинам PostgreSQL позволяет опустить запятые.

SHOW

SHOW — показать значение параметра времени выполнения

Синтаксис

```
SHOW имя
SHOW ALL
```

Описание

`SHOW` выводит текущие значения параметров времени выполнения. Эти переменные можно установить, воспользовавшись оператором `SET`, отредактировав файл конфигурации `postgresql.conf`, передав в переменной окружения `PGOPTIONS` (при использовании psql или приложения на базе libpq) либо в параметрах командной строки при запуске сервера `postgres`. За подробностями обратитесь к Главе 19.

Параметры

имя

Имя параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и на странице справки SET. Кроме того, есть несколько параметров, которые можно просмотреть, но нельзя изменить:

`SERVER_VERSION`

Показывает номер версии сервера.

`SERVER_ENCODING`

Показывает кодировку набора символов на стороне сервера. В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как кодировка определяется в момент создания базы данных.

`LC_COLLATE`

Показывает параметр локали базы данных, определяющий правило сортировки (порядок текстовых строк). В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как он определяется в момент создания базы данных.

`LC_CTYPE`

Показывает параметр локали базы данных, определяющий классификацию символов. В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как он определяется в момент создания базы данных.

`IS_SUPERUSER`

Возвращает true, если текущая роль обладает правами суперпользователя.

`ALL`

Показать значения всех конфигурационных параметров с описаниями.

Примечания

Ту же информацию выдаёт функция `current_setting`; см. Подраздел 9.27.1. Кроме того, эту информацию можно получить через системное представление `pg_settings`.

Примеры

Просмотр текущего значения параметра `DateStyle`:

```
SHOW DateStyle;
 DateStyle
-----------
 ISO, MDY
(1 row)
```

Просмотр текущего значения параметра `geqo`:

```
SHOW geqo;
 geqo
------
 on
(1 row)
```

Просмотр всех параметров:

```
SHOW ALL;
            name         | setting |                description

-------------------------+---------+-------------------------------------------------
 allow_system_table_mods | off     | Allows modifications of the structure of ...
    .
    .
    .
 xmloption               | content | Sets whether XML data in implicit parsing ...
 zero_damaged_pages      | off     | Continues processing past damaged page headers.
(196 rows)
```

Совместимость

Команда `SHOW` является расширением PostgreSQL.

См. также

SET, RESET

START TRANSACTION

START TRANSACTION — начать блок транзакции

Синтаксис

```
START TRANSACTION [ режим_транзакции [, ...] ]

Где режим_транзакции может быть следующим:

    ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ
 UNCOMMITTED }
    READ WRITE | READ ONLY
    [ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

Эта команда начинает новый блок транзакции. Если указан уровень изоляции, режим чтения/записи или допустимость откладывания транзакции, новая транзакция получит эти характеристики, как при выполнении команды SET TRANSACTION. Данная команда равнозначна команде BEGIN.

Параметры

За описанием параметров этого оператора обратитесь к SET TRANSACTION.

Совместимость

Согласно стандарту, выполнять `START TRANSACTION`, чтобы начать блок транзакции, необязательно: блок неявно начинает любая команда SQL. Поведение PostgreSQL можно представить как неявное выполнение `COMMIT` после каждой команды, которой не предшествует `START TRANSACTION` (или `BEGIN`), и поэтому такое поведение часто называется «автофиксацией». Другие реляционные СУБД тоже могут предлагать автофиксацию как удобную возможность.

Значение `DEFERRABLE` параметра *режим_транзакции* является языковым расширением PostgreSQL.

Стандарт SQL требует, чтобы последовательные *режимы_транзакций* разделялись запятыми, но по историческим причинам PostgreSQL позволяет опустить запятые.

См. также сведения о совместимости в описании SET TRANSACTION.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK, SAVEPOINT, SET TRANSACTION

TRUNCATE

TRUNCATE — опустошить таблицу или набор таблиц

Синтаксис

```
TRUNCATE [ TABLE ] [ ONLY ] имя [ * ] [, ... ]
    [ RESTART IDENTITY | CONTINUE IDENTITY ] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

Команда `TRUNCATE` быстро удаляет все строки из набора таблиц. Она действует так же, как безусловная команда `DELETE` для каждой таблицы, но гораздо быстрее, так как она фактически не сканирует таблицы. Более того, она немедленно высвобождает дисковое пространство, так что выполнять операцию `VACUUM` после неё не требуется. Наиболее полезна она для больших таблиц.

Параметры

имя

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), подлежащей опустошению. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, очищается только заданная таблица. Без `ONLY` очищается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

`RESTART IDENTITY`

Автоматически перезапускать последовательности, связанные со столбцами опустошаемой таблицы.

`CONTINUE IDENTITY`

Не изменять значения последовательностей. Это поведение по умолчанию.

`CASCADE`

Автоматически опустошать все таблицы, ссылающиеся по внешнему ключу на заданные таблицы, или на таблицы, затронутые в результате действия `CASCADE`.

`RESTRICT`

Отказать в опустошении любых таблиц, на которые по внешнему ключу ссылаются другие таблицы, не перечисленные в этой команде. Это поведение по умолчанию.

Примечания

Чтобы опустошить таблицу, необходимо иметь право `TRUNCATE` для этой таблицы.

Команда `TRUNCATE` запрашивает блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` для каждой таблицы, которую она обрабатывает. Когда указано `RESTART IDENTITY`, все последовательности, которые должны быть перезапущены, также блокируются исключительно. В случаях, когда требуется обеспечить параллельный доступ к таблице, следует использовать `DELETE`.

`TRUNCATE` нельзя использовать с таблицей, на которую по внешнему ключу ссылаются другие таблицы, если только и эти таблицы не опустошаются этой же командой. Проверка допустимости очистки в таких случаях потребовала бы сканирования таблицы, а главная идея данной команды в том, чтобы не делать этого. Для автоматической обработки всех зависимых таблиц можно использовать указание `CASCADE` — но будьте очень осторожны с ним, иначе вы можете потерять данные, которые не собирались удалять! В частности, заметьте, что когда опустошаемая таблица является секцией, соседние секции эта операция не затрагивает, но затрагивает все таблицы, на которые ссылается целевая, или которые являются её секциями.

При выполнении `TRUNCATE` не срабатывают никакие триггеры `ON DELETE`, которые могут быть настроены для таблиц. Однако при этом срабатывают триггеры `ON TRUNCATE`. Если триггеры `ON TRUNCATE` определены для любых из этих таблиц, то все триггеры `BEFORE TRUNCATE` срабатывают до того, как происходит опустошение, а все триггеры `AFTER TRUNCATE` срабатывают после того, как завершается опустошение последней таблицы и все последовательности сбрасываются. Триггеры срабатывают по порядку обработки таблиц (сначала для таблиц, перечисленных в команде, затем для тех, что затрагиваются каскадно).

Команда `TRUNCATE` небезопасна с точки зрения MVCC. После опустошения таблицы она будет выглядеть пустой для параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным до опустошения. За подробностями обратитесь к Разделу 13.5.

`TRUNCATE` является надёжной транзакционной операцией в отношении данных в таблицах: опустошение будет безопасно отменено, если окружающая транзакция не будет зафиксирована.

С указанием `RESTART IDENTITY` подразумеваемые операции `ALTER SEQUENCE RESTART` также выполняются транзакционно; то есть, они будут отменены, если окружающая транзакция не будет зафиксирована. Учтите, что если до того, как транзакция отменится, будут выполнены какие-либо дополнительные операции с последовательностями, эффект этих операций также будет отменён, но не их влияние на значение `currval()`; то есть после транзакции `currval()` продолжит возвращать последнее значение последовательности, полученное внутри прерванной транзакции, хотя сама последовательность уже может быть несогласованной с ним. Подобным образом обычно ведёт себя `currval()` после сбоя транзакции.

`TRUNCATE` в настоящее время не поддерживается для сторонних таблиц. Из этого следует, что если у целевой таблицы есть дочерние таблицы, являющиеся сторонними, команда не будет выполнена.

Примеры

Опустошение таблиц `bigtable` и `fattable`:

```
TRUNCATE bigtable, fattable;
```

Та же операция и сброс всех связанных генераторов последовательностей:

```
TRUNCATE bigtable, fattable RESTART IDENTITY;
```

Опустошение таблицы `othertable` и каскадная обработка всех таблиц, ссылающихся на `othertable` по ограничениям внешнего ключа:

```
TRUNCATE othertable CASCADE;
```

Совместимость

Стандарт SQL:2008 включает команду `TRUNCATE` с синтаксисом `TRUNCATE TABLE` *`имя_таблицы`*. Предложения `CONTINUE IDENTITY`/`RESTART IDENTITY` также описаны в стандарте, но с небольшими отличиями, хотя их назначение похоже. Поведение этой команды при параллельных операциях, согласно стандарту, отчасти определяются реализацией, так что приведённые выше замечания при необходимости следует учитывать и сопоставлять с другими реализациями.

См. также

DELETE

UNLISTEN

UNLISTEN — прекратить ожидание уведомления

Синтаксис

```
UNLISTEN { канал | * }
```

Описание

`UNLISTEN` применяется для отмены существующей подписки на получение событий `NOTIFY`. `UNLISTEN` отменяет существующую подписку в текущем сеансе PostgreSQL на канал уведомлений с именем *канал*. Специальный знак `*` отменяет все подписки в текущем сеансе.

В описании NOTIFY использование `LISTEN` и `NOTIFY` рассматривается более подробно.

Параметры

канал

Имя канала уведомлений (любой идентификатор).

`*`

Отменяются все текущие подписки на уведомления для активного сеанса.

Примечания

Вы можете также попытаться отменить подписку на канал, на который не подписаны; предупреждений или ошибки при этом не будет.

`UNLISTEN *` автоматически выполняется в конце каждого сеанса.

Транзакция, выполнившая `UNLISTEN`, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

Примеры

Подписка на получение события:

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
```

Сразу после выполнения `UNLISTEN` последующие сообщения `NOTIFY` игнорируются:

```
UNLISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
-- событие NOTIFY не поступает
```

Совместимость

Команда `UNLISTEN` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

LISTEN, NOTIFY

UPDATE

UPDATE — изменить строки таблицы

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
UPDATE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним ]
    SET { имя_столбца = { выражение | DEFAULT } |
          ( имя_столбца [, ...] ) = [ ROW ] ( { выражение | DEFAULT } [, ...] ) |
          ( имя_столбца [, ...] ) = ( вложенный_SELECT )
        } [, ...]
    [ FROM элемент_FROM [, ...] ]
    [ WHERE условие | WHERE CURRENT OF имя_курсора ]
    [ RETURNING { * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] } [, ...] ]
```

Описание

`UPDATE` изменяет значения указанных столбцов во всех строках, удовлетворяющих условию. В предложении `SET` должны указываться только те столбцы, которые будут изменены; столбцы, не изменяемые явно, сохраняют свои предыдущие значения.

Изменить строки в таблице, используя информацию из других таблиц в базе данных, можно двумя способами: применяя вложенные запросы или указав дополнительные таблицы в предложении `FROM`. Выбор предпочитаемого варианта зависит от конкретных обстоятельств.

Предложение `RETURNING` указывает, что команда `UPDATE` должна вычислить и возвратить значения для каждой фактически изменённой строки. Вычислить в нём можно любое выражение со столбцами целевой таблицы и/или столбцами других таблиц, упомянутых во `FROM`. При этом в выражении будут использоваться новые (изменённые) значения столбцов таблицы. Список `RETURNING` имеет тот же синтаксис, что и список результатов `SELECT`.

Для выполнения этой команды необходимо иметь право `UPDATE` для таблицы, или как минимум для столбцов, перечисленных в списке изменяемых. Также необходимо иметь право `SELECT` для всех столбцов, значения которых считываются в *выражениях* или *условии*.

Параметры

запрос_WITH

Предложение `WITH` позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно ссылаться по имени в запросе `UPDATE`. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и SELECT.

имя_таблицы

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), строки которой будут изменены. Если перед именем таблицы добавлено `ONLY`, соответствующие строки изменяются только в указанной таблице. Без `ONLY` строки будут также изменены во всех таблицах, унаследованных от указанной. При желании, после имени таблицы можно указать `*`, чтобы явно обозначить, что операция затрагивает все дочерние таблицы.

псевдоним

Альтернативное имя целевой таблицы. Когда указывается это имя, оно полностью скрывает фактическое имя таблицы. Например, в запросе `UPDATE foo AS f` дополнительные компоненты оператора `UPDATE` должны обращаться к целевой таблице по имени `f`, а не `foo`.

имя_столбца

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Имя столбца при необходимости может быть дополнено именем вложенного поля или индексом массива. Имя таблицы добавлять к имени целевого столбца не нужно — например, запись `UPDATE table_name SET table_name.col = 1` ошибочна.

выражение

Выражение, результат которого присваивается столбцу. В этом выражении можно использовать предыдущие значения этого и других столбцов таблицы.

`DEFAULT`

Присвоить столбцу значение по умолчанию (это может быть NULL, если для столбца не определено некоторое выражение по умолчанию). Столбец идентификации при этом получает значение, выданное соответствующей последовательностью. Для генерируемого столбца это указание допускается, но не меняет обычное поведение, то есть значение столбца вычисляется генерирующим выражением.

вложенный_SELECT

Подзапрос `SELECT`, выдающий столько выходных столбцов, сколько перечислено в предшествующем ему списке столбцов в скобках. При выполнении этого подзапроса должна быть получена максимум одна строка. Если он выдаёт одну строку, значения столбцов в нём присваиваются целевым столбцам; если же он не возвращает строку, целевым столбцам присваивается NULL. Этот подзапрос может обращаться к предыдущим значениям текущей изменяемой строки в таблице.

элемент_FROM

Табличное выражение, позволяющее обращаться в условии `WHERE` и выражениях новых данных к столбцам других таблиц. В нём используется тот же синтаксис, что и в предложении `FROM` оператора `SELECT`; например, вы можете определить псевдоним для таблицы. Имя целевой таблицы повторять в предложении `FROM` нужно, только если вы хотите определить замкнутое соединение (в этом случае для данного имени должен определяться псевдоним).

условие

Выражение, возвращающее значение типа `boolean`. Изменены будут только те стоки, для которых это выражение возвращает `true`.

имя_курсора

Имя курсора, который будет использоваться в условии `WHERE CURRENT OF`. С таким условием будет изменена строка, выбранная из этого курсора последней. Курсор должен образовываться запросом, не применяющим группировку, к целевой таблице команды `UPDATE`. Заметьте, что `WHERE CURRENT OF` нельзя задать вместе с логическим условием. За дополнительными сведениями об использовании курсоров с `WHERE CURRENT OF` обратитесь к DECLARE.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой `UPDATE` после изменения каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы* или таблиц, перечисленных в списке `FROM`. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать `*`.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `UPDATE` возвращает метку команды в виде

```
UPDATE число
```

Здесь *число* обозначает количество изменённых строк, включая те подлежащие изменению строки, значения в которых не были изменены. Заметьте, что это число может быть меньше количества строк, удовлетворяющих *условию*, когда изменения отменяются триггером `BEFORE UPDATE`. Если *число* равно 0, данный запрос не изменил ни одной строки (это не считается ошибкой).

Если команда UPDATE содержит предложение RETURNING, её результат будет похож на результат оператора SELECT (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке RETURNING), полученный для строк, изменённых этой командой.

Примечания

Когда присутствует предложение FROM, целевая таблица по сути соединяется с таблицами, перечисленными в *элементе_FROM*, и каждая выходная строка соединения представляет операцию изменения для целевой таблицы. Применяя предложение FROM, необходимо обеспечить, чтобы соединение выдавало максимум одну выходную строку для каждой строки, которую нужно изменить. Другими словами, целевая строка не должна соединяться с более чем одной строкой из других таблиц. Если это условие нарушается, только одна из строк соединения будет использоваться для изменения целевой строки, но какая именно, предсказать нельзя.

Из-за этой неопределённости надёжнее ссылаться на другие таблицы только в подзапросах, хотя такие запросы часто хуже читаются и работают медленнее, чем соединение.

В секционированной таблице строка при изменении может перестать удовлетворять ограничению содержащей её секции. При этом если есть другая секция в дереве секционирования, ограничению которой эта строка удовлетворяет, то она переносится в данную секцию. Если такой секции нет, происходит ошибка. За кулисами перемещение строки выполняется посредством операций DELETE и INSERT.

Существует возможность того, что при выполнении другой параллельной операции UPDATE или DELETE с перемещаемой строкой возникнет ошибка сериализации. Например, предположим, что в сеансе 1 выполняется UPDATE для ключа секционирования, а тем временем в параллельном сеансе 2, в котором эта строка видима, выполняется операция UPDATE или DELETE с этой строкой. В этом случае UPDATE/DELETE в сеансе 2 заметит перемещение строки и выдаст ошибку сериализации (которая всегда представляется кодом SQLSTATE '40001'). Получив такую ошибку, приложения могут попытаться повторить транзакцию. В обычном случае, когда таблица не секционирована или строка не перемещается, в сеансе 2 видна изменённая строка, и операция UPDATE/DELETE выполняется с новой версией строки.

Заметьте, что строки могут перемещаться из локальных секций в секцию в сторонней таблице (если обёртка сторонних данных поддерживает перенаправление кортежей), но не из секции в сторонней таблице в другую секцию.

Примеры

Изменение слова Drama на Dramatic в столбце kind таблицы films:

```
UPDATE films SET kind = 'Dramatic' WHERE kind = 'Drama';
```

Изменение значений температуры и сброс уровня осадков к значению по умолчанию в одной строке таблицы weather:

```
UPDATE weather SET temp_lo = temp_lo+1, temp_hi = temp_lo+15, prcp = DEFAULT
  WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03';
```

Выполнение той же операции с получением изменённых записей:

```
UPDATE weather SET temp_lo = temp_lo+1, temp_hi = temp_lo+15, prcp = DEFAULT
  WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03'
  RETURNING temp_lo, temp_hi, prcp;
```

Такое же изменение с применением альтернативного синтаксиса со списком столбцов:

```
UPDATE weather SET (temp_lo, temp_hi, prcp) = (temp_lo+1, temp_lo+15, DEFAULT)
  WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03';
```

Увеличение счётчика продаж для менеджера, занимающегося компанией Acme Corporation, с применением предложения FROM:

```
UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 FROM accounts
  WHERE accounts.name = 'Acme Corporation'
  AND employees.id = accounts.sales_person;
```

Выполнение той же операции, с вложенным запросом в предложении `WHERE`:

```
UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 WHERE id =
  (SELECT sales_person FROM accounts WHERE name = 'Acme Corporation');
```

Изменение имени контакта в таблице счетов (это должно быть имя назначенного менеджера по продажам):

```
UPDATE accounts SET (contact_first_name, contact_last_name) =
    (SELECT first_name, last_name FROM salesmen
     WHERE salesmen.id = accounts.sales_id);
```

Подобный результат можно получить, применив соединение:

```
UPDATE accounts SET contact_first_name = first_name,
                    contact_last_name = last_name
  FROM salesmen WHERE salesmen.id = accounts.sales_id;
```

Однако если `salesmen.id` — не уникальный ключ, второй запрос может давать непредсказуемые результаты, тогда как первый запрос гарантированно выдаст ошибку, если найдётся несколько записей с одним `id`. Кроме того, если соответствующая запись `accounts.sales_id` не найдётся, первый запрос запишет в поля имени NULL, а второй вовсе не изменит строку.

Обновление статистики в сводной таблице в соответствии с текущими данными:

```
UPDATE summary s SET (sum_x, sum_y, avg_x, avg_y) =
    (SELECT sum(x), sum(y), avg(x), avg(y) FROM data d
     WHERE d.group_id = s.group_id);
```

Попытка добавить новый продукт вместе с количеством. Если такая запись уже существует, вместо этого увеличить количество данного продукта в существующей записи. Чтобы реализовать этот подход, не откатывая всю транзакцию, можно использовать точки сохранения:

```
BEGIN;
-- другие операции
SAVEPOINT sp1;
INSERT INTO wines VALUES('Chateau Lafite 2003', '24');
-- Предполагая, что здесь возникает ошибка из-за нарушения уникальности ключа,
-- мы выполняем следующие команды:
ROLLBACK TO sp1;
UPDATE wines SET stock = stock + 24 WHERE winename = 'Chateau Lafite 2003';
-- Продолжение других операций и в завершение...
COMMIT;
```

Изменение столбца `kind` таблицы `films` в строке, на которой в данный момент находится курсор `c_films`:

```
UPDATE films SET kind = 'Dramatic' WHERE CURRENT OF c_films;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, за исключением предложений `FROM` и `RETURNING`, которые являются расширениями PostgreSQL, как и возможность применять `WITH` с `UPDATE`.

В некоторых других СУБД также поддерживается дополнительное предложение `FROM`, но предполагается, что целевая таблица должна ещё раз упоминаться в этом предложении. PostgreSQL воспринимает предложение `FROM` не так, поэтому будьте внимательны, портируя приложения, которые используют это расширение языка.

Согласно стандарту, исходным значением для вложенного списка имён столбцов в скобках может быть любое выражение, выдающее строку с нужным количеством столбцов. PostgreSQL принимает в качестве этого значения только конструктор строки или вложенный `SELECT`. Изменяемое значение отдельного столбца можно обозначать словом `DEFAULT` в конструкторе строки, но не внутри вложенного `SELECT`.

VACUUM

VACUUM — провести сборку мусора и, возможно, проанализировать базу данных

Синтаксис

```
VACUUM [ ( параметр [, ...] ) ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]
VACUUM [ FULL ] [ FREEZE ] [ VERBOSE ] [ ANALYZE ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]

Здесь допускается параметр:

    FULL [ boolean ]
    FREEZE [ boolean ]
    VERBOSE [ boolean ]
    ANALYZE [ boolean ]
    DISABLE_PAGE_SKIPPING [ boolean ]
    SKIP_LOCKED [ boolean ]
    INDEX_CLEANUP [ boolean ]
    TRUNCATE [ boolean ]
    PARALLEL integer

и таблица_и_столбцы:

    имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
```

Описание

`VACUUM` высвобождает пространство, занимаемое «мёртвыми» кортежами. При обычных операциях PostgreSQL кортежи, удалённые или устаревшие в результате обновления, физически не удаляются из таблицы; они сохраняются в ней, пока не будет выполнена команда `VACUUM`. Таким образом, периодически необходимо выполнять `VACUUM`, особенно для часто изменяемых таблиц.

Без списка *таблица_и_столбцы* команда `VACUUM` обрабатывает все таблицы и материализованные представления в текущей базе данных, на очистку которых текущий пользователь имеет право. С этим списком `VACUUM` обрабатывает только указанную таблицу(ы).

`VACUUM ANALYZE` выполняет очистку (`VACUUM`), а затем анализ (`ANALYZE`) всех указанных таблиц. Это удобная комбинация для регулярного обслуживания БД. За дополнительной информацией об анализе обратитесь к описанию ANALYZE.

Простая команда `VACUUM` (без `FULL`) только высвобождает пространство и делает его доступным для повторного использования. Эта форма команды может работать параллельно с обычными операциями чтения и записи таблицы, так она не требует исключительной блокировки. Однако освобождённое место не возвращается операционной системе (в большинстве случаев); оно просто остаётся доступным для размещения данных этой же таблицы. Она также позволяет задействовать для обработки несколько процессоров. Этот режим называется *параллельной очисткой*. Для отключения этого режима можно воспользоваться указанием `PARALLEL` и задать нулевое количество параллельных рабочих процессов. `VACUUM FULL` переписывает всё содержимое таблицы в новый файл на диске, не содержащий ничего лишнего, что позволяет возвратить неиспользованное пространство операционной системе. Эта форма работает намного медленнее и запрашивает блокировку в режиме `ACCESS EXCLUSIVE` для каждой обрабатываемой таблицы.

Когда список параметров заключается в скобки, параметры могут быть записаны в любом порядке. Без скобок параметры должны указываться именно в том порядке, который показан выше. Синтаксис со скобками появился в PostgreSQL 9.0; вариант записи без скобок считается устаревшим.

Параметры

FULL

Выбирает режим «полной» очистки, который может освободить больше пространства, но выполняется гораздо дольше и запрашивает исключительную блокировку таблицы. Этот режим также требует дополнительное место на диске, так как он записывает новую копию таблицы и не освобождает старую до завершения операции. Обычно это следует использовать, только когда требуется высвободить значительный объём пространства, выделенного таблице.

FREEZE

Выбирает агрессивную «заморозку» кортежей. Добавление указания FREEZE равносильно выполнению команды VACUUM с параметрами vacuum_freeze_min_age и vacuum_freeze_table_age, равными нулю. Агрессивная заморозка всегда выполняется при перезаписи таблицы, поэтому в режиме FULL это указание избыточно.

VERBOSE

Выводит подробный отчёт об очистке для каждой таблицы.

ANALYZE

Обновляет статистику, которую использует планировщик для выбора наиболее эффективного способа выполнения запроса.

DISABLE_PAGE_SKIPPING

Обычно VACUUM пропускает страницы, учитывая карту видимости. Страницы, на которых, судя по карте, все кортежи заморожены, можно пропускать всегда, а страницы, в которых все кортежи видны всем транзакциям, могут обрабатываться только при агрессивной очистке. Более того, за исключением агрессивной очистки, некоторые страницы можно пропускать, чтобы не ждать, пока другие сеансы закончат их использовать. Этот параметр отключает пропуск страниц и предназначен для использования только когда целостность карты видимости вызывает подозрения, что возможно при аппаратных или программных сбоях, приводящих к разрушению БД.

SKIP_LOCKED

Указывает, что команда VACUUM не должна ждать освобождения никаких конфликтующих блокировок, начиная обработку отношения: если отношение не удаётся заблокировать сразу, без ожидания, оно пропускается. Заметьте, что даже с этим указанием VACUUM может заблокироваться, открывая индексы отношения. Кроме того, VACUUM ANALYZE может заблокироваться и при получении выборки строк из секций, потомков в иерархии наследования или некоторых видов сторонних таблиц. Учтите также, что при наличии конфликтующей блокировки в секционированной таблице команда VACUUM с этим указанием пропускает все её секции, тогда как обычно все они обрабатываются.

INDEX_CLEANUP

Указывает, что команда VACUUM должна попытаться удалить элементы индекса, указывающие на «мёртвые» кортежи. Обычно это желательная операция и она выполняется по умолчанию, если только для таблицы, подлежащей очистке, не задан параметр vacuum_index_cleanup. Отключать эту операцию может иметь смысл, когда нужно выполнить очистку как можно быстрее, например для предотвращения надвигающейся угрозы зацикливания идентификаторов транзакций (см. Подраздел 24.1.5). Однако если очистка индекса не производится регулярно, производительность может ухудшаться, так как по мере внесения изменений в таблицу индексы будут накапливать «мёртвые» кортежи, а сама таблица будет накапливать «мёртвые» указатели, которые могут быть удалены только после очистки индекса. Это указание не действует для таблиц, в которых нет индексов, и игнорируется в случае использования указания FULL.

TRUNCATE

Указывает, что команда VACUUM должна попытаться обрезать пустые страницы в конце таблицы, чтобы освободившееся место было возвращено операционной системе. Обычно это желательная операция и она выполняется по умолчанию, если только для таблицы, подлежащей очистке, не сброшен параметр vacuum_truncate. Отключать эту операцию может иметь смысл, чтобы избежать блокировки ACCESS EXCLUSIVE для таблицы, подлежащей очистке. Это указание игнорируется в случае использования указания FULL.

PARALLEL

Управляет этапами очистки и уборки индексов в ходе параллельного выполнения VACUUM, определяя *целое_число* фоновых рабочих процессов (более подробно каждый этап очистки описан в Таблице 27.37). Число рабочих процессов, используемых для этой операции, равняется числу индексов в отношении, подходящих для параллельной очистки, и может ограничиваться сверху количеством, заданным указанием PARALLEL, а также дополнительно ограничивается параметром max_parallel_maintenance_workers. Индекс может обрабатываться в режиме параллельной очистки тогда и только тогда, когда его размер превышает min_parallel_index_scan_size. Заметьте, что при этом не гарантируется, что во время очистки будет задействоваться столько параллельных исполнителей, сколько задаёт параметр *целое_число*. В ходе очистки рабочие процессы могут использоваться в меньшем количестве или не использоваться вовсе. Для обработки одного индекса может быть использован только один рабочий процесс. Поэтому параллельные исполнители будут запускаться, только если в таблице есть минимум 2 индекса. Рабочие процессы очистки запускаются перед началом каждого этапа и завершаются после его окончания. В будущих выпусках это поведение может измениться. В режиме FULL это указание не поддерживается.

boolean

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать TRUE, ON или 1, а для отключения — FALSE, OFF или 0. Значение *boolean* можно опустить, в этом случае подразумевается TRUE.

integer

Задаёт неотрицательное целое значение, передаваемое выбранному параметру.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) определённой таблицы или материализованного представления, подлежащего очистке. Если указанная таблица является секционированной, очистке подвергаются все её конечные секции.

имя_столбца

Имя столбца, подлежащего анализу. По умолчанию анализируются все столбцы. Если указывается список столбцов, также должно присутствовать указание ANALYZE.

Выводимая информация

С указанием VERBOSE команда VACUUM выдаёт сообщения о процессе очистки, отмечая текущую обрабатываемую таблицу. Также она выводит различные статистические сведения о таблицах.

Примечания

Чтобы очистить таблицу, обычно нужно быть владельцем этой таблицы или суперпользователем. Однако владельцам баз данных также разрешено сжимать все таблицы в своих базах, за исключением общих каталогов. (Ограничение в отношении общих каталогов означает, что настоящую глобальную команду VACUUM может выполнить только суперпользователь.) VACUUM при обработке пропускает все таблицы, на очистку которых текущий пользователь не имеет прав.

VACUUM нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Для таблиц с индексами GIN, VACUUM (в любой форме) также завершает все ожидающие операции добавления в индекс, перемещая записи индекса из очереди в соответствующие места в основной структуре индекса GIN. За подробностями обратитесь к Подразделу 66.4.1.

Мы рекомендуем очищать активные производственные базы данных достаточно часто (как минимум, каждую ночь), чтобы избавляться от «мёртвых» строк. После добавления или удаления большого числа строк может быть хорошей идеей выполнить команду `VACUUM ANALYZE` для каждой затронутой таблицы. При этом результаты всех последних изменений будут отражены в системных каталогах, что позволит планировщику запросов PostgreSQL принимать более эффективные решения при планировании.

Режим `FULL` не рекомендуется для обычного применения, но в некоторых случаях он бывает полезен. Например, когда были удалены или изменены почти все строки таблицы, может возникнуть желание физически сжать её, чтобы освободить место на диске и ускорить сканирование этой таблицы. Чаще всего `VACUUM FULL` сжимает таблицу более эффективно, чем обычный `VACUUM`.

Режим `PARALLEL` используется только для очистки. Если это указание задаётся вместе с `ANALYZE`, на работу `ANALYZE` оно не влияет.

`VACUUM` создаёт значительную нагрузку на подсистему ввода/вывода, что может отрицательно сказаться на производительности других активных сеансов. Поэтому иногда полезно использовать возможность задержки очистки с учётом её стоимости. При параллельной очистке каждый рабочий процесс приостанавливается на время, пропорциональное объёму произведённой им работы. За подробностями обратитесь к Подразделу 19.4.4.

PostgreSQL включает средство «автоочистки», которое позволяет автоматизировать регулярную очистку. Чтобы узнать больше об автоматической и ручной очистке, обратитесь к Разделу 24.1.

Примеры

Очистка одной таблицы `onek`, проведение её анализа для оптимизатора и печать подробного отчёта о действиях операции очистки:

```
VACUUM (VERBOSE, ANALYZE) onek;
```

Совместимость

Оператор `VACUUM` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

vacuumdb, Подраздел 19.4.4, Подраздел 24.1.6

VALUES

VALUES — вычислить набор строк

Синтаксис

```
VALUES ( выражение [, ...] ) [, ...]
    [ ORDER BY выражение_сортировки [ ASC | DESC | USING оператор ] [, ...] ]
    [ LIMIT { число | ALL } ]
    [ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]
    [ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY ]
```

Описание

`VALUES` вычисляет значение строки или множество значений строк, заданное выражениями. Чаще всего эта команда используется для формирования «таблицы констант» в большой команде, но её можно использовать и отдельно.

Когда указывается больше, чем одна строка, все строки должны иметь одинаковое количество элементов. Типы данных результирующих столбцов таблицы определяются в результате совмещения явных и неявных типов выражений, заданных для этих столбцов, по тем же правилам, что и в `UNION` (см. Раздел 10.5).

В составе других команд синтаксис допускает использование `VALUES` везде, где допускается `SELECT`. Так как грамматически она воспринимается как `SELECT`, с командой `VALUES` можно использовать предложения `ORDER BY`, `LIMIT` (или равнозначное `FETCH FIRST`) и `OFFSET`.

Параметры

выражение

Константа или выражение, которое вычисляется и вставляется в указанное место результирующей таблицы (множества строк). В списке `VALUES`, находящемся на верхнем уровне оператора `INSERT`, *выражение* может быть заменено словом `DEFAULT`, указывающим, что в целевой столбец должно быть вставлено значение этого столбца по умолчанию. Когда `VALUES` употребляется в других контекстах, указание `DEFAULT` использовать нельзя.

выражение_сортировки

Выражение или целочисленная константа, указывающая, как должны сортироваться строки результата. Это выражение может обращаться к столбцам результата `VALUES` по именам `column1`, `column2` и т. д. За дополнительными подробностями обратитесь к разделу Предложение ORDER BY в описании SELECT.

оператор

Оператор сортировки. За подробностями обратитесь к разделу Предложение ORDER BY в описании SELECT.

число

Максимальное число строк, которое должно быть возвращено. За подробностями обратитесь к разделу Предложение LIMIT в описании SELECT.

начало

Число строк, которые должны быть пропущены, прежде чем начнётся выдача строк. За подробностями обратитесь к разделу Предложение LIMIT в описании SELECT.

Примечания

Следует избегать составления списков `VALUES` с очень большим количеством строк, так как при этом можно столкнуться с нехваткой памяти или снижением производительности. Применение

VALUES в команде INSERT — особый случай (так как ожидаемые типы столбцов становятся известны из целевой таблицы команды INSERT и их не надо вычислять, сканируя весь список VALUES), так что в этом контексте можно работать с гораздо более объёмными списками, чем в других.

Примеры

Простейшая команда VALUES:

```
VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three');
```

Эта команда выдаст таблицу из двух столбцов и трёх строк. По сути она равнозначна запросу:

```
SELECT 1 AS column1, 'one' AS column2
UNION ALL
SELECT 2, 'two'
UNION ALL
SELECT 3, 'three';
```

Более типично использование VALUES в составе большей команды SQL. Чаще всего она применяется в INSERT:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
    VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, '1961-06-16', 'Drama');
```

В контексте INSERT список VALUES может содержать слово DEFAULT, указывающее, что в данном месте вместо некоторого значения должно использоваться значение столбца по умолчанию:

```
INSERT INTO films VALUES
    ('UA502', 'Bananas', 105, DEFAULT, 'Comedy', '82 minutes'),
    ('T_601', 'Yojimbo', 106, DEFAULT, 'Drama', DEFAULT);
```

VALUES также может применяться там, где можно написать вложенный SELECT, например в предложении FROM:

```
SELECT f.*
  FROM films f, (VALUES('MGM', 'Horror'), ('UA', 'Sci-Fi')) AS t (studio, kind)
  WHERE f.studio = t.studio AND f.kind = t.kind;

UPDATE employees SET salary = salary * v.increase
  FROM (VALUES(1, 200000, 1.2), (2, 400000, 1.4)) AS v (depno, target, increase)
  WHERE employees.depno = v.depno AND employees.sales >= v.target;
```

Заметьте, что когда VALUES используется в предложении FROM, предложение AS становится обязательным, так же, как и для SELECT. При этом не требуется указывать в AS имена всех столбцов, но это рекомендуется делать. (По умолчанию PostgreSQL даёт столбцам VALUES имена column1, column2 и т. д., но в других СУБД имена могут быть другими.)

Когда VALUES используется в команде INSERT, значения автоматически приводятся к типу данных соответствующего целевого столбца. Когда оно используется в других контекстах, может потребоваться указать нужный тип данных. Если все записи представлены строковыми константами в кавычках, достаточно привести к нужному типу значения в первой строке, чтобы задать тип для всех:

```
SELECT * FROM machines
WHERE ip_address IN (VALUES('192.168.0.1'::inet), ('192.168.0.10'), ('192.168.1.43'));
```

Подсказка

Для простых проверок на включение IN лучше полагаться на форму IN со списком скаляров, чем записывать запрос VALUES, как показано выше. Список скаляров проще записать и обрабатывается он зачастую более эффективно.

Совместимость

`VALUES` соответствует стандарту SQL. Указания `LIMIT` и `OFFSET` являются расширениями PostgreSQL; см. также SELECT.

См. также

INSERT, SELECT

Клиентские приложения PostgreSQL

Раздел описывает клиентские приложения и утилиты PostgreSQL. Некоторые из описанных приложений требуют особые привилегии. Основной отличительной особенностью этих приложений является возможность исполнения на любом компьютере, независимо от расположения сервера баз данных.

Имя пользователя и базы данных передаются из командной строки на сервер без изменения регистра — все пробельные и специальные символы необходимо экранировать с помощью кавычек. Имена таблиц и другие идентификаторы передаются регистр-независимо, за исключением отдельно описанных ситуаций, где может требоваться экранирование.

clusterdb

clusterdb — кластеризовать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

`clusterdb` [*параметр-подключения*...] [`--verbose` | `-v`] [`--table` | `-t` *таблица*] ... [*dbname*]

`clusterdb` [*параметр-подключения*...] [`--verbose` | `-v`] `--all` | `-a`

Описание

clusterdb это приложение для повторной кластеризации таблиц базы данных PostgreSQL. Утилита находит ранее кластеризованные таблицы и проводит операцию на основании последнего использованного индекса. Затрагиваются лишь ранее кластеризованные таблицы.

clusterdb — это обёртка для SQL-команды CLUSTER. Кластеризация баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

clusterdb принимает следующие аргументы командной строки:

`-a`
`--all`

Кластеризовать все базы данных.

`[-d]` *dbname*
`[--dbname=]`*dbname*

Указывает имя базы данных для кластеризации, когда не используется параметр `-a`/`--all`. Если это указание отсутствует, имя базы определяется переменной окружения `PGDATABASE`. Если эта переменная не установлена, именем базы будет имя пользователя, указанное для подключения. В аргументе *имя_бд* может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении clusterdb.

`-q`
`--quiet`

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

`-t` *таблица*
`--table=`*таблица*

Кластеризовать *таблицу*. Возможно множественное использование параметра `-t`.

`-v`
`--verbose`

Вывести подробную информацию во время процесса.

`-V`
`--version`

Вывести версию clusterdb и прервать дальнейшее выполнение.

`-?`
`--help`

Вывести справку по аргументам команды clusterdb.

clusterdb также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как clusterdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, clusterdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=`*dbname*

Когда используется ключ `-a`/`--all`, выполняется подключение к указанной базе данных для определения списка подлежащих кластеризации баз данных. Если ключ не указан, будет выбрана база `postgres`, а если она не существует — `template1`. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке. Кроме того, все параметры в строке подключения, за исключением имени базы, будут использоваться и при подключении к другим базам данных.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к CLUSTER и psql. Переменные окружения и параметры подключения по умолчанию libpq будут применены при запуске утилиты, это следует учитывать при диагностике.

Примеры

Для кластеризации базы данных `test`:

```
$ clusterdb test
```

Для кластеризации отдельной таблицы `foo` базы данных `xyzzy`:

```
$ clusterdb --table=foo xyzzy
```

См. также

CLUSTER

createdb

createdb — создать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

`createdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [*dbname* [*описание*]]

Описание

createdb создаёт базу данных PostgreSQL.

Чаще всего пользователь, выполняющий эту команду, назначается владельцем создаваемой базы данных. Однако можно указать владельца явным образом с помощью флага `-O`, если у текущего пользователя достаточно привилегий.

createdb это обёртка для SQL-команды CREATE DATABASE. Создание баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

createdb принимает в качестве аргументов:

dbname

Указывает имя создаваемой базы. Имя должно быть уникальным в рамках кластера PostgreSQL. По умолчанию в качестве имени базы данных берётся имя текущего системного пользователя.

описание

Добавляет комментарий к создаваемой базе.

`-D` *табличное_пространство*
`--tablespace=`*табличное_пространство*

Указывает табличное пространство, используемое по умолчанию. Имя пространства обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении createdb.

`-E` *кодировка*
`--encoding=`*кодировка*

Указывает кодировку базы данных. Поддерживаемые сервером PostgreSQL кодировки описаны в Подразделе 23.3.1.

`-l` *локаль*
`--locale=`*локаль*

Указывает локаль базы данных. Имеет эффект одновременно установленных флагов `--lc-collate` и `--lc-ctype`.

`--lc-collate=`*локаль*

Устанавливает параметр LC_COLLATE для базы данных.

`--lc-ctype=`*локаль*

Устанавливает параметр LC_CTYPE для базы данных.

`-O владелец`
`--owner=владелец`

Указывает пользователя в качестве владельца создаваемой базы. Имя пользователя обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

`-T шаблон`
`--template=шаблон`

Указывает шаблон, на основе которого будет создана база данных. Имя шаблона обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

`-V`
`--version`

Вывести версию createdb и прервать дальнейшее исполнение.

`-?`
`--help`

Вывести помощь по команде createdb и прервать выполнение.

Флаги `-D`, `-l`, `-E`, `-O` и `-T` по назначению соответствуют флагам SQL-команды CREATE DATABASE.

createdb также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h сервер`
`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как createdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, createdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=dbname`

Указывает имя опорной базы данных, к которой будет произведено подключение для создания новой. Если имя не указано, будет выбрана база `postgres`, а если она не существует —

template1. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

Переменные окружения

PGDATABASE

Если установлено и не переопределено в командной строке, задаёт имя создаваемой базы данных.

PGHOST
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию. PGUSER указывает имя пользователя при создании базы данных, если не указано явно в командной строке или в переменной окружения PGDATABASE.

PG_COLOR

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: always (всегда), auto (автоматически) и never (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей обратитесь к CREATE DATABASE и psql. При диагностике нужно учитывать, что при запуске утилиты используются значения переменных окружения и параметров подключения по умолчанию libpq.

Примеры

Создать базу данных demo на сервере, используемом по умолчанию, можно так:

```
$ createdb demo
```

Создать базу demo на сервере eden, порт 5000, из шаблонной базы template0 можно такой командой командной строки, за которой стоит следующая команда SQL:

```
$ createdb -p 5000 -h eden -T template0 -e demo
CREATE DATABASE demo TEMPLATE template0;
```

См. также

dropdb, CREATE DATABASE

createuser

createuser — создать новую учётную запись PostgreSQL

Синтаксис

`createuser` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [*имя_пользователя*]

Описание

createuser создаёт нового пользователя PostgreSQL, а если точнее — роль. Лишь суперпользователь и пользователи с привилегией `CREATEROLE` могут создавать новые роли, таким образом, createuser должна запускаться от их лица.

Чтобы создать роль с правом `SUPERUSER`, `REPLICATION` или `BYPASSRLS`, необходимо подключиться от имени существующего суперпользователя, одного лишь права `CREATEROLE` недостаточно. Поскольку суперпользователи могут обходить все ограничения доступа в базе данных, к назначению этих полномочий не следует относиться легкомысленно.

createuser — это обёртка для SQL-команды CREATE ROLE. Создание пользователей с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

createuser принимает следующие аргументы:

имя_пользователя

Задаёт имя создаваемого пользователя PostgreSQL. Это имя должно отличаться от имён всех существующих ролей в данной инсталляции PostgreSQL.

`-c` *номер*
`--connection-limit=`*номер*

Устанавливает максимальное допустимое количество соединений для создаваемого пользователя. По умолчанию ограничение в количестве соединений отсутствует.

`-d`
`--createdb`

Разрешает новому пользователю создавать базы данных.

`-D`
`--no-createdb`

Запрещает новому пользователю создавать базы данных. Это поведение по умолчанию.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении createuser.

`-E`
`--encrypted`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-g` *role*
`--role=`*role*

Указывает роль, к которой будет добавлена текущая роль в качестве члена группы. Допускается множественное использование флага `-g`.

`-i`
`--inherit`

Создаваемая роль автоматически унаследует права ролей, в которые она включается. Это поведение по умолчанию.

`-I`
`--no-inherit`

Роль не будет наследовать права ролей, в которые она включается.

`--interactive`

Запросить имя для создаваемого пользователя, а также значения для флагов `-d`/`-D`, `-r`/`-R`, `-s`/`-S`, если они явно не указаны в командной строке. До версии PostgreSQL 9.1 включительно это было поведением по умолчанию.

`-l`
`--login`

Новый пользователь сможет подключаться к серверу (то есть его имя может быть идентификатором начального пользователя сеанса). Это свойство по умолчанию.

`-L`
`--no-login`

Новый пользователь не сможет подключаться к серверу. (Роль без права входа на сервер тем не менее полезна для управления разрешениями в базе данных.)

`-P`
`--pwprompt`

Если флаг указан, то createuser запросит пароль для создаваемого пользователя. Если не планируется аутентификация по паролю, то пароль можно не устанавливать.

`-r`
`--createrole`

Новый пользователь сможет создавать, изменять и удалять другие роли, добавлять для них комментарии и изменять метку безопасности, а также выдавать или отбирать членство в любых ролях (то есть этот пользователь будет иметь право `CREATEROLE`). Подробнее возможности, предоставляемые этим правом, описаны в Создание роли.

`-R`
`--no-createrole`

Запрещает пользователю создавать новые роли. Это поведение по умолчанию.

`-s`
`--superuser`

Создаваемая роль будет иметь права суперпользователя.

`-S`
`--no-superuser`

Новый пользователь не будет суперпользователем. Это поведение по умолчанию.

`-V`
`--version`

Вывести версию createuser и завершить выполнение.

`--replication`

Создаваемый пользователь будет наделён правом `REPLICATION`. Это рассмотрено подробнее в документации по CREATE ROLE.

`--no-replication`

Создаваемый пользователь не будет иметь привилегии `REPLICATION`. Это рассмотрено подробнее в документации по CREATE ROLE.

`-?`
`--help`

Вывести помощь по команде createuser.

createuser также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя для подключения (не имя создаваемого пользователя).

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как createuser запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, createuser лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Переменные окружения

`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к CREATE ROLE и psql. Переменные окружения и параметры подключения по умолчанию libpq будут применены при запуске утилиты, это следует учитывать при диагностике.

Примеры

Чтобы создать роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ createuser joe
```

Чтобы создать роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию, с запросом дополнительных параметров:

```
$ createuser --interactive joe
Назначить роль суперпользователем? (y/n) n
Разрешить новой роли создавать базы данных? (y/n) n
Разрешить новой роли создавать другие роли? (y/n) n
```

Чтобы создать того же пользователя `joe` с явно заданными атрибутами, подключившись к компьютеру `eden`, порту 5000:

```
$ createuser -h eden -p 5000 -S -D -R -e joe
CREATE ROLE joe NOSUPERUSER NOCREATEDB NOCREATEROLE INHERIT LOGIN;
```

Чтобы создать роль `joe` с правами суперпользователя и предустановленным паролем:

```
$ createuser -P -s -e joe
Введите пароль для новой роли: xyzzy
Повторите его: xyzzy
CREATE ROLE joe PASSWORD 'md5b5f5ba1a423792b526f799ae4eb3d59e' SUPERUSER CREATEDB
 CREATEROLE INHERIT LOGIN;
```

В приведённом примере введённый пароль отображается лишь для отражения сути, на деле же он не выводится на экран. Как можно видеть, он шифруется прежде чем передаётся в команде клиенту.

См. также

dropuser, CREATE ROLE

dropdb

dropdb — удалить базу данных PostgreSQL

Синтаксис

`dropdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] *dbname*

Описание

dropdb удаляет ранее созданную базу данных PostgreSQL, и должна выполняться от имени суперпользователя или её владельца.

dropdb это обёртка для SQL-команды DROP DATABASE. Удаление баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

dropdb принимает в качестве аргументов:

dbname

Указывает имя удаляемой базы данных.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении dropdb.

`-f`
`--force`

Попытаться принудительно завершить все существующие подключения к целевой базе, прежде чем удалять её. Подробнее это описано в DROP DATABASE.

`-i`
`--interactive`

Выводит вопрос о подтверждении перед удалением.

`-V`
`--version`

Выводит версию dropdb.

`--if-exists`

Не считать ошибкой, если база данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде dropdb.

dropdb также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как dropdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, dropdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=dbname`

Указывает имя опорной базы данных, к которой будет произведено подключение для удаления целевой. Если имя не указано, будет выбрана база `postgres`, а если она не существует (или именно она и удаляется) — `template1`. Здесь может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

Переменные окружения

`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к DROP DATABASE и psql. При диагностике следует учесть, что при запуске утилиты также применяются переменные окружения и параметры подключения по умолчанию libpq.

Примеры

Для удаления базы данных `demo` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ dropdb demo
```

Для удаления базы данных `demo` на сервере `eden`, слушающим подключения на порту 5000, в интерактивном режиме и выводом запросов к серверу:

```
$ dropdb -p 5000 -h eden -i -e demo
База данных "demo" будет удалена навсегда.
Продолжить? (y/n) y
DROP DATABASE demo;
```

См. также

createdb, DROP DATABASE

dropuser

dropuser — удалить учётную запись пользователя PostgreSQL

Синтаксис

`dropuser` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [*имя_пользователя*]

Описание

dropuser удаляет ранее созданного пользователя PostgreSQL. Лишь суперпользователь или пользователь с привилегией `CREATEROLE` могут удалять пользователей PostgreSQL. Необходимо быть суперпользователем, чтобы удалить учётную запись другого суперпользователя.

dropuser это обёртка для SQL-команды DROP ROLE. Удаление пользователей с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

dropuser принимает в качестве аргументов:

`имя_пользователя`

Указывает имя удаляемой роли PostgreSQL. Если передан флаг `-i`/`--interactive`, а имя не указано в параметрах команды, его необходимо будет ввести интерактивно.

`-e`
`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении dropuser.

`-i`
`--interactive`

Вывести подтверждение об удалении роли, и запросить её имя, если оно не указано в параметрах команды.

`-V`
`--version`

Вывести версию dropuser.

`--if-exists`

Перехватить ошибку, если пользователь не существует. В этом случае вместо ошибки будет выведено информационное сообщение.

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде dropuser.

dropuser также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h` *`сервер`*
`--host=`*`сервер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

-U *имя_пользователя*
--username=*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится текущее подключение к базе.

-w
--no-password

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

-W
--password

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как dropuser запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, dropuser лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Переменные окружения

PGHOST
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию

PG_COLOR

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к DROP ROLE и psql. При диагностике следует учесть, что при запуске утилиты также применяются переменные окружения и параметры подключения по умолчанию libpq.

Примеры

Чтобы удалить роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ dropuser joe
```

Чтобы удалить роль `joe` на сервере `eden`, слушающем подключения на порту 5000, в интерактивном режиме и с выводом выполняемых команд:

```
$ dropuser -p 5000 -h eden -i -e joe
Роль "joe" будет удалена навсегда.
Продолжить? (y/n) y
DROP ROLE joe;
```

См. также

createuser, DROP ROLE

ecpg

ecpg — встроенный C-препроцессор SQL

Синтаксис

`ecpg` [*параметр*...] *файл*...

Описание

`ecpg` — это встроенный SQL препроцессор для программ, написанных на языке C. Он преобразует программы на C, содержащие SQL-выражения, заменяя их вызовами встроенных функций. Получаемые на выходе файлы можно затем скомпилировать и скомпоновать.

`ecpg` преобразует каждый файл, переданный в параметрах, в соответствующий файл на C. Если имя входного файла указано без расширения, подразумевается `.pgc`. Указанное имя, но с расширением `.c`, становится по умолчанию именем выходного файла. Переопределить имя выходного файла можно, воспользовавшись параметром `-o`.

Если в качестве имени входного файла указано `-`, `ecpg` читает программу с устройства стандартного ввода (и выводит результат в стандартный вывод, если не задан параметр `-o`).

Данный раздел не содержит описания встроенного SQL-языка. Для более подробной информации см. Главу 35.

Параметры

`ecpg` принимает в качестве аргументов:

`-c`

Автоматически генерировать код, написанный на языке C, из кода SQL. Сейчас это справедливо для `EXEC SQL TYPE`.

`-C` *режим*

Установить режим совместимости; *режим* может принимать значения: `INFORMIX`, `INFORMIX_SE` и `ORACLE`.

`-D` *символ*[=*значение*]

Определить символ начала команд препроцессора, аналогично использованию директивы `EXEC SQL DEFINE`. Если *значение* не указано, символ определяется `1`.

`-h`

Обрабатывать заголовочные файлы. Когда добавляется этот параметр, расширением выходного файла становится не `.c`, а `.h`, и расширением входного файла по умолчанию считается не `.pgc`, а `.pgh`. Кроме этого с данным параметром подразумевается `-c`.

`-i`

Также разбирать и системные включения.

`-I` *каталог*

Указать дополнительный путь включаемых файлов, используемый при выполнении `EXEC SQL INCLUDE`. По умолчанию используются `.` (текущий каталог), `/usr/local/include`, каталог, задаваемый при компиляции PostgreSQL (обычно — `/usr/local/pgsql/include`), и `/usr/include`, в порядке, как это перечислено.

`-o имя_файла`

Задаёт *имя файла*, в который программа `ecpg` должна выводить результат. Указание `-o -` направляет результат в устройство стандартного вывода.

`-r параметр`

Определяет поведение времени выполнения. *Флаг* может принимать следующие значения:

`no_indicator`

Использовать специальные символы для представления значений null. Исторически некоторые базы данных используют такой подход.

`prepare`

Сформировать подготовленные выражения. libecpg сформирует кеш подготовленных выражений и будет использовать их при необходимости повторно. В случае переполнения кеша, libecpg освободит память за счёт вытеснения наименее используемых выражений.

`questionmarks`

Разрешает использовать знак вопроса в качестве аргумента подстановки в целях совместимости. Ранее это было поведением по умолчанию.

`-t`

Включить автоматическую фиксацию транзакций. В этом режиме каждая SQL-команда будет автоматически фиксироваться, пока не будет явно включена в блок транзакции. В режиме по умолчанию команды фиксируются лишь при явном вызове `EXEC SQL COMMIT`.

`-v`

Вывести информацию о версии, а также путях поиска включаемых файлов.

`--version`

Вывести версию ecpg.

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде ecpg.

Примечания

При компиляции полученных файлов, компилятор должен иметь возможность найти заголовочные файлы ECPG в каталоге включений PostgreSQL. Для этого можно использовать флаг `-I` во время компиляции, например, `-I/usr/local/pgsql/include`.

Программы на C со встроенным SQL необходимо скомпоновать с библиотекой `libecpg`, например, используя флаг компоновщика `-L/usr/local/pgsql/lib -lecpg`.

Имена каталогов, подходящих для установки, можно найти в разделе pg_config.

Примеры

Если имеется исходный файл на C `prog1.pgc` со встроенным SQL, можно создать исполняемую программу, используя следующую последовательность команд:

```
ecpg prog1.pgc
cc -I/usr/local/pgsql/include -c prog1.c
cc -o prog1 prog1.o -L/usr/local/pgsql/lib -lecpg
```

pg_basebackup

pg_basebackup — создать резервную копию кластера PostgreSQL

Синтаксис

`pg_basebackup` [*параметр*...]

Описание

Программа pg_basebackup предназначена для создания базовых копий работающего кластера баз данных PostgreSQL. Процедура создания копии не влияет на работу других клиентов базы. Полученные копии могут использоваться и для восстановления на момент времени (см. Раздел 25.3), и в качестве базового состояния ведомого сервера при реализации трансляции журнала или потоковой репликации (см. Раздел 26.2).

pg_basebackup создаёт точную копию файлов кластера, автоматически включая режим резервного копирования и завершая его. Такие резервные копии всегда создаются для кластера целиком; создать копию отдельных баз данных или объектов базы нельзя. Для выборочного копирования нужно использовать другие средства, например pg_dump.

Копия создаётся через обычное подключение к PostgreSQL, и при этом используется протокол репликации. Соединение с сервером должен устанавливать пользователь с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2) или суперпользователь, а в `pg_hba.conf` должно разрешаться подключение для репликации. Кроме того, на сервере должно быть установлено достаточно большое значение max_wal_senders, чтобы мог запуститься минимум один передатчик WAL для резервного копирования и ещё один для потоковой трансляции WAL (если она применяется).

Можно запустить одновременно несколько команд `pg_basebackup`, но с точки зрения производительности обычно эффективнее делать всего одну копию одновременно, а затем копировать получаемый результат.

С помощью pg_basebackup можно получить базовую копию не только с ведущего, но и с ведомого сервера. Чтобы сделать копию с ведомого, настройте его, чтобы он мог принимать подключения репликации (для этого нужно установить подходящие значения `max_wal_senders`, hot_standby и подкорректировать `pg_hba.conf`). При этом на ведущем необходимо также включить full_page_writes.

Заметьте, что при копировании с ведомого сервера есть некоторые ограничения:

- Файл истории резервного копирования в целевом кластере баз данных не создаётся.
- pg_basebackup не может принудительно переключить ведомый сервер на новый файл WAL в конце копирования. Поэтому, если используется режим `-X none` и активность записи на ведущем сервере низкая, pg_basebackup может довольно долго ждать переключения и архивирования последнего файла WAL, необходимого для полноты копии. В этом случае может иметь смысл выполнить на ведущем сервере `pg_switch_wal` для немедленного переключения файла WAL.
- Если ведомый сервер повышается и становится ведущим в процессе копирования, копирование прерывается.
- Все необходимые для резервной копии WAL-записи должны содержать полные страницы, для чего нужно включить режим `full_page_writes` на ведущем и не использовать в `archive_command` такие утилиты, как pg_compresslog, которые могут удалить записанные полные страницы из WAL.

Когда pg_basebackup создаёт базовую копию, в представлении `pg_stat_progress_basebackup` отображается состояние этого процесса. За подробностями обратитесь к Подразделу 27.4.5.

Параметры

Следующие аргументы командной строки задают расположение и формат вывода:

`-D` *`каталог`*
`--pgdata=`*`каталог`*

Целевой каталог, куда будет записана копия. Если он не существует, pg_basebackup создаст его, а также отсутствующие родительские каталоги, при необходимости. Если он существует, он должен быть пустым.

Если копия создаётся в формате tar, в качестве целевого каталога можно задать - (минус), и тогда файл tar будет записан в `stdout`.

Этот флаг является обязательным.

`-F` *`формат`*
`--format=`*`формат`*

Устанавливает формат вывода. *`формат`* может принимать следующие значения:

`p`
`plain`

Записывает выводимые данные в обычные файлы, сохраняя структуру каталогов данных и табличных пространств как на исходном сервере. Если в кластере нет дополнительных табличных пространств, вся база будет помещена в заданный каталог. Иначе основной каталог хранения данных будет помещён в целевой каталог, а все остальные табличные пространства — в те же абсолютные пути, в которых они располагаются на исходном сервере. (Чтобы изменить эти пути, воспользуйтесь параметром `--tablespace-mapping`).

Это формат по умолчанию.

`t`
`tar`

Записывает в целевой каталог файлы в формате tar. Содержимое основного каталога данных будет записано в файл `base.tar`, а каждое дополнительное табличное пространство — в отдельный файл, содержащий в имени OID этого пространства.

Если в качестве имени целевого каталога задано - (минус), содержимое tar будет записано в устройство стандартного вывода, что позволяет, например, передать его программе gzip. Это возможно, только если в кластере нет дополнительных табличных пространств и не используется трансляция WAL.

`-R`
`--write-recovery-conf`

Создать файл `standby.signal` и добавить параметры конфигурации в файл `postgresql.auto.conf` в целевом каталоге (или внутри архива, если используется формат tar). Это упрощает настройку ведомого сервера при восстановлении этой копии.

В файл `postgresql.auto.conf` будут записаны параметры соединения и слот репликации, если его использует pg_basebackup, так что впоследствии при потоковой репликации будут использоваться те же параметры.

`-T` *`старый_каталог=новый_каталог`*
`--tablespace-mapping=`*`старый_каталог=новый_каталог`*

Переместить табличное пространство из *`старого_каталога`* в *`новый_каталог`* в процессе копирования. Чтобы перемещение произошло, в параметре *`старый_каталог`* путь табличного пространства должен задаваться в точности так, как он определён на исходном сервере. (Но не будет ошибкой, если на исходном сервере не окажется табличного пространства, на которое указывает *старый_каталог*.) В то же время, *новый_каталог* задаёт путь в файловой системе получающего сервера. Как и основной целевой каталог, *новый_каталог* может не существовать, но если он существует, он должен быть пустым. И *старый_каталог*, и *новый_каталог* должны задаваться абсолютными путями. Если в пути встречается символ `=`, его необходимо экранировать обратной косой чертой. Этот параметр можно добавить несколько раз для нескольких табличных пространств.

Если табличное пространство перемещается таким способом, символические ссылки внутри основного каталога хранения данных также приводятся в соответствие с новым местоположением. Таким образом, для экземпляра сервера подготавливается новый каталог данных, в котором все табличные пространства оказываются в новом расположении.

В настоящее время этот параметр работает только с обычным форматом вывода; если выбран формат tar, параметр игнорируется.

`--waldir=`*`каталог_wal`*

Задать каталог, в который будут записаны файлы WAL (журнал предзаписи). По умолчанию файлы WAL будут записываться в подкаталог `pg_wal` целевого каталога, но с помощью этого параметра их можно поместить в любое место. Путь *каталог_wal* должен быть абсолютным. Как и основной целевой каталог, *каталог_wal* может не существовать, но если он существует, он должен быть пустым. Этот параметр можно задать, только если копия создаётся в простом формате.

`-X` *`метод`*
`--wal-method=`*`метод`*

Включает в резервную копию все необходимые файлы журнала предзаписи (файлы WAL). В том числе включаются все файлы журнала, сгенерированные в процессе создания резервной копии. Любой метод, кроме `none`, позволяет запустить сервер с восстановленным каталогом, не используя архив WAL; таким образом будет получена полностью самодостаточная резервная копия.

Поддерживаются следующие *методы* получения журналов предзаписи:

`n`
`none`

Не включать журналы предзаписи в резервную копию.

`f`
`fetch`

Файлы журнала предзаписи собираются в конце процесса копирования. Таким образом необходимо установить достаточно большое значение параметра wal_keep_size, чтобы избежать преждевременного удаления нужных данных журнала. В случае переработки этих данных до завершения процесса копирования возникнет ошибка, а копия будет непригодной к использованию.

Когда используется формат tar, файлы журнала предзаписи включаются в архив `base.tar`.

`s`
`stream`

Передавать журнал предзаписи в процессе создания резервной копии. При выборе этого метода открывается второе соединение к серверу, через которое будет передаваться журнал предзаписи параллельно с созданием копии. Таким образом, этот метод требует использования не одного, а двух соединений репликации, но если клиент будет успевать получать данные журнала предзаписи, на исходном сервере не потребуется сохранять дополнительные журналы.

Когда используется формат tar, файлы журнала предзаписи сохраняются в отдельном архиве с именем `pg_wal.tar` (если версия сервера ниже 10, файл будет называться `pg_xlog.tar`).

Это значение по умолчанию.

`-z`
`--gzip`

Включает gzip-сжатие выводимого tar-файла с уровнем компрессии по умолчанию. Сжатие поддерживается только для формата tar, при этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

`-Z` *`уровень`*
`--compress=`*`уровень`*

Включает gzip-сжатие выводимого tar-файла и задаёт уровень сжатия от 0 (без сжатия) до 9 (максимальное сжатие). Сжатие поддерживается только для формата tar, при этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

Описанные далее аргументы командной строки управляют формированием резервной копии и вызовом программы:

`-c` *`fast|spread`*
`--checkpoint=`*`fast|spread`*

Устанавливает режим контрольных точек: fast (быстрый) или spread (протяжённый, по умолчанию). Подробнее см. Подраздел 25.3.3.

`-C`
`--create-slot`

Указывает, что до начала копирования должен быть создан слот репликации с именем, заданным в `--slot`. Если такой слот уже существует, выдаётся ошибка.

`-l` *`метка`*
`--label=`*`метка`*

Устанавливает метку для созданной резервной копии. Если не указана, то по умолчанию будет использовано значение «`pg_basebackup base backup`».

`-n`
`--no-clean`

По умолчанию, когда программа `pg_basebackup` прерывается с ошибкой, она удаляет все каталоги, которые она могла создать, прежде чем обнаружила, что не может завершить задание (например, целевой каталог и каталог журнала предзаписи). Данный ключ отключает эту очистку и тем самым полезен для отладки.

Заметьте, что каталоги табличных пространств не очищаются в любом случае.

`-N`
`--no-sync`

По умолчанию `pg_basebackup` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_basebackup` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы резервная копия может оказаться испорченной. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`-P`
`--progress`

Включает отчёт о прогрессе. Если этот режим включён, то во время создания копии будет передаваться примерный процент выполнения. Так как данные в базе могут меняться во время копирования, это значение будет лишь приближённым и может достигать не точно `100%`. В частности, когда в копию включается журнал WAL, конечный размер невозможно предсказать заранее, и в этом случае ожидаемый конечный размер будет увеличиваться, превысив ориентировочный полный размер без WAL.

`-r` *`скорость_передачи`*
`--max-rate=`*`скорость_передачи`*

Задаёт максимальную скорость, с которой данные будут загружаться с исходного сервера. Это может быть полезно для ограничения влияния pg_basebackup на сервер. Значение параметра задаётся в килобайтах в секунду. Для указания мегабайт в секунду нужно добавить к числу суффикс `M`. Так же принимается суффикс `k`, но он ничего не меняет. Допустимые значения лежат в диапазоне от 32 КБ/с до 1024 МБ/с.

Этот параметр всегда оказывает влияние на передачу каталога данных, а на передачу файлов WAL он влияет, только если выбран метод передачи `fetch`.

`-S` *`имя_слота`*
`--slot=`*`имя_слота`*

Этот параметр может применяться только вместе с `-X stream`. Он выбирает слот репликации, который будет использоваться для передачи WAL. Если базовая копия предназначена для использования на ведомом сервере с потоковой репликацией через слот, это же имя слота должно задаваться на ведомом в качестве primary_slot_name. Тем самым гарантируется, что ведущий сервер не удалит никакие необходимые данные WAL после того, как базовая копия будет получена, и до того, как начнётся потоковая репликация на новом ведомом.

В случае отсутствия ключа `-C` требуется, чтобы указанный слот репликации уже существовал.

Если этот ключ не указан и сервер поддерживает временные слоты репликации (они появились в версии 10), для трансляции WAL автоматически используется временный слот репликации.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробного вывода. Будет выводится некоторая дополнительная информация при начале и завершении, а также имена обрабатываемых файлов, если включён отчёт о прогрессе.

`--manifest-checksums=`*`алгоритм`*

Задаёт алгоритм контрольных сумм, которые будут рассчитываться для всех файлов, описанных в манифесте копии. В настоящее время поддерживаются алгоритмы `NONE` (отсутствует), `CRC32C`, `SHA224`, `SHA256`, `SHA384` и `SHA512`. По умолчанию применяется `CRC32C`.

Если выбран вариант `NONE`, манифест копии не будет содержать контрольные суммы. С любым другим вариантом в манифест будет записана контрольная сумма каждого файла в копии, рассчитанная по выбранному алгоритму. Помимо этого, в манифесте всегда сохраняется контрольная сумма его содержимого, рассчитанная по алгоритму `SHA256`. Алгоритмы семейства `SHA` требуют значительно больше процессорных ресурсов, чем `CRC32C`, поэтому выбор такого алгоритма может повлечь увеличение времени создания копии.

Функции хеширования SHA обеспечивают криптографическую стойкость хеша каждого файла, и таким образом полезны, когда нужны гарантии, что резервная копия не была модифицирована. С другой стороны, алгоритм CRC32C вычисляет контрольную сумму гораздо быстрее и вполне подходит для выявления изменений, внесённых не злонамеренно, а случайно. Заметьте, что такая защита от злоумышленника, имеющего доступ к сохранённой копии, будет эффективна, только если манифест копии хранится отдельно в безопасном месте или ещё каким-то образом проверяется, что манифест не был изменён с момента создания копии.

Для проверки целостности копии по созданному манифесту можно воспользоваться программой pg_verifybackup.

`--manifest-force-encode`

Принудительно включает шестнадцатеричное кодирование всех имён файлов в манифесте. Если этот параметр не задаётся, в шестнадцатеричном виде кодируются только имена файлов не в кодировке UTF-8. Этот параметр в первую очередь предназначен для проверки того, что средства чтения манифеста могут правильно разобрать такие имена.

`--no-estimate-size`

Отключает расчёт примерного объёма данных, которые будут передаваться в процессе копирования, в результате чего столбец `backup_total` в представлении `pg_stat_progress_basebackup` будет содержать `NULL`.

Без этого указания процесс копирования начнётся с перечисления файлов для подсчёта размера всей базы данных, а затем продолжится отправкой непосредственно данных. Это может немного увеличить общую длительность процесса, в частности, пройдёт больше времени до начала передачи данных. Данный параметр полезен, когда время расчёта объёма оказывается слишком большим.

Этот параметр нельзя использовать вместе с параметром `--progress`.

`--no-manifest`

Отключает создание манифеста копии. Если этот флаг не указан, сервер будет формировать и передавать в составе копии манифест, который может быть проверен с использованием pg_verifybackup. Манифест представляет собой список всех файлов, включённых в копию, за исключением файлов WAL, которые могут быть в неё добавлены. Также в нём сохраняется размер, дата последнего изменения и, возможно, контрольная сумма каждого файла.

`--no-slot`

Предотвращает создание временного слота репликации для резервного копирования.

По умолчанию, если выбрана передача журнала, но имя слота в `-S` не задано, создаётся временный слот репликации (при условии, что это поддерживает исходный сервер).

Основное предназначение этого ключа в том, чтобы можно было сделать базовую резервную копию, когда на сервере нет свободных слотов репликации. Использование слота репликации почти всегда предпочтительнее, так как при этом предотвращается удаление сервером необходимых файлов WAL во время резервного копирования.

`--no-verify-checksums`

Отключает проверку контрольных сумм, если они включены на сервере, с которого делается резервная копия.

По умолчанию контрольные суммы проверяются, и при выявлении их несоответствия выдаётся ненулевой код завершения. Однако базовая резервная копия в этом случае не удаляется, как и с ключом `--no-clean`. Ошибки контрольных сумм также можно просмотреть в представлении `pg_stat_database`.

Далее описаны параметры, управляющие подключением к исходному серверу:

`-d` *`строка_подключения`*
`--dbname=`*`строка_подключения`*

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения; они будут переопределять любые одноимённые параметры, заданные в командной строке.

Параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как pg_basebackup не подключается к какой-либо конкретной базе, любое имя базы данных в строке подключения игнорируется.

`-h` *`сервер`*
`--host=`*`сервер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-s` *`interval`*
`--status-interval=`*`interval`*

Указывает интервал в секундах между сообщениями о состоянии, передаваемыми исходному серверу. Чем меньше указанное значение, тем точнее будет информация о процессе резервного копирования на сервере. Нулевое значение полностью отключает периодическое обновление состояния, хотя эти сообщения будут всё равно посылаться по запросу сервера во избежание отключения по тайм-ауту. Значение по умолчанию — 10 секунд.

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Задаёт имя пользователя для подключения.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль нельзя получить другими средствами, например из файла `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к исходному серверу.

Это несущественный параметр, так как pg_basebackup запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_basebackup лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Другие флаги:

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_basebackup и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку по аргументам командной строки pg_basebackup и завершиться.

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения PG_COLOR выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: always (всегда), auto (автоматически) и never (никогда).

Примечания

До начала копирования на исходном сервере необходимо выполнить контрольную точку. И если копирование запускается без ключа --checkpoint=fast, это может занять некоторое время, в течение которого pg_basebackup не будет проявлять никакой активности.

Резервная копия будет включать в себя все файлы каталога хранения данных и табличных пространств, а также конфигурационные файлы и прочие файлы, размещённые в каталоге данных, за исключением определённых временных файлов, принадлежащих PostgreSQL. Однако копируются лишь простые файлы и каталоги, кроме них, сохраняются только символические ссылки на табличные пространства. Символические ссылки, указывающие на определённые каталоги, известные PostgreSQL, копируются как пустые каталоги. Другие символические ссылки и файлы спецустройств игнорируются. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 52.4.

Если не указан параметр --tablespace-mapping, в простом формате табличные пространства будут копироваться в тот же путь, который они имеют на исходном сервере. Поэтому при наличии табличных пространств создать базовую копию в простом формате на том же сервере не удастся, так как копия будет направлена в те же каталоги, где располагаются исходные табличные пространства.

Когда применяется формат tar, пользователь должен позаботиться о том, чтобы все архивы tar были распакованы до запуска сервера PostgreSQL, который будет работать с этими данными. Если имеются дополнительные табличные пространства, архивы tar для них должны быть распакованы в правильные каталоги. В таком случае для этих табличных пространств сервером будут созданы символические ссылки согласно содержимому файла tablespace_map, включённого в архив base.tar.

pg_basebackup совместим с серверами той же или более младших версий, но не ниже версии 9.1. Однако режим трансляции WAL (-X stream) работает только с серверами версии 9.3 и новее, а формат tar (--format=tar) поддерживается только с версиями не ниже 9.5.

pg_basebackup сохранит разрешения для группы, установленные для файлов данных, если такие разрешения были включены в исходном кластере.

Примеры

Создание резервной копии сервера mydbserver и сохранение её в локальном каталоге /usr/local/pgsql/data:

```
$ pg_basebackup -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/data
```

Создание резервной копии локального сервера в отдельных сжатых файлах tar для каждого табличного пространства и сохранение их в каталоге backup с индикатором прогресса в процессе выполнения:

```
$ pg_basebackup -D backup -Ft -z -P
```

Создание резервной копии локальной базы данных с одним табличным пространством и сжатие её с помощью bzip2:

```
$ pg_basebackup -D - -Ft -X fetch | bzip2 > backup.tar.bz2
```

(Эта команда прервётся с ошибкой, если в базе данных будет несколько табличных пространств.)

Создание резервной копии локальной базы данных с перемещением табличного пространства /opt/ts в ./backup/ts:

```
$ pg_basebackup -D backup/data -T /opt/ts=$(pwd)/backup/ts
```

См. также

pg_dump

pgbench

pgbench — запустить тест производительности PostgreSQL

Синтаксис

`pgbench -i` [*параметр*...] [*dbname*]

`pgbench` [*параметр*...] [*dbname*]

Описание

pgbench — это простая программа для запуска тестов производительности PostgreSQL. Она многократно выполняет одну последовательность команд, возможно в параллельных сеансах базы данных, а затем вычисляет среднюю скорость транзакций (число транзакций в секунду). По умолчанию pgbench тестирует сценарий, примерно соответствующий TPC-B, который состоит из пяти команд `SELECT`, `UPDATE` и `INSERT` в одной транзакции. Однако вы можете легко протестировать и другие сценарии, написав собственные скрипты транзакций.

Типичный вывод pgbench выглядит так:

```
transaction type: <builtin: TPC-B (sort of)>
scaling factor: 10
query mode: simple
number of clients: 10
number of threads: 1
number of transactions per client: 1000
number of transactions actually processed: 10000/10000
tps = 85.184871 (including connections establishing)
tps = 85.296346 (excluding connections establishing)
```

В первых шести строках выводятся значения некоторых самых важных параметров. В следующей строке показывается количество выполненных и запланированных транзакций (это будет произведение числа клиентов и числа транзакций для одного клиента); эти количества будут равны, если только выполнение не завершится досрочно. (В режиме `-T` выводится только число фактически выполненных транзакций.) В последних двух строках показывается число транзакций в секунду, подсчитанное с учётом и без учёта времени установления подключения к серверу.

Для запускаемого по умолчанию теста типа TPC-B требуется предварительно подготовить определённые таблицы. Чтобы создать и наполнить эти таблицы, следует запустить pgbench с ключом `-i` (инициализировать). (Если вы применяете нестандартный скрипт, это не требуется, но тем не менее нужно подготовить конфигурацию, нужную вашему тесту.) Запуск инициализации выглядит так:

`pgbench -i [` *другие-параметры* `]` *имя_базы*

где *имя_базы* — имя уже существующей базы, в которой будет проводиться тест. (Чтобы указать, как подключиться к серверу баз данных, вы также можете добавить параметры `-h`, `-p` и/или `-U`.)

> **Внимание**
>
> `pgbench -i` создаёт четыре таблицы `pgbench_accounts`, `pgbench_branches`, `pgbench_history` и `pgbench_tellers`, предварительно уничтожая существующие таблицы с этими именами. Если вы вдруг используете эти имена в своей базе данных, обязательно переключитесь на другую базу!

С «коэффициентом масштаба», по умолчанию равным 1, эти таблицы изначально содержат такое количество строк:

```
table                    # of rows
---------------------------------
pgbench_branches         1
pgbench_tellers          10
pgbench_accounts         100000
pgbench_history          0
```

Эти числа можно (и в большинстве случаев даже нужно) увеличить, воспользовавшись параметром `-s` (коэффициент масштаба). При этом также может быть полезен ключ `-F` (фактор заполнения).

Подготовив требуемую конфигурацию, можно запустить тест производительности командой без `-i`, то есть:

`pgbench [` *параметры* `]` *имя_базы*

Практически во всех случаях, чтобы получить полезные результаты, необходимо передать какие-либо дополнительные параметры. Наиболее важные параметры: `-c` (число клиентов), `-t` (число транзакций), `-T` (длительность) и `-f` (файл со скриптом). Полный список параметров приведён ниже.

Параметры

Следующий список разделён на три подраздела: одни параметры используются при инициализации базы данных, другие при проведении тестирования, а третьи в обоих случаях.

Параметры инициализации

pgbench принимает следующие аргументы командной строки для инициализации:

dbname

Указывает имя базы, в которой будет проводиться тест. Если имя не задано, то используется значение переменной окружения `PGDATABASE`. Если и переменная не задана, то в качестве имени базы будет взято имя пользователя, под которым осуществляется подключение.

`-i`
`--initialize`

Требуется для вызова режима инициализации.

`-I` *этапы_инициализации*
`--init-steps=`*этапы_инициализации*

Выполнять только выбранные из всех обычных подготовительных этапов. В параметре *этапы_инициализации* отдельные символы для каждого этапа выбирают, какие этапы должны выполняться. Все этапы выполняются в определённом порядке. Список этапов по умолчанию: `dtgvp`. Полный перечень подготовительных этапов:

`d` (Drop, удалить)

Удалить все существующие таблицы pgbench.

`t` (create Tables, создать таблицы)

Создать таблицы, используемые стандартным сценарием pgbench, а именно: `pgbench_accounts`, `pgbench_branches`, `pgbench_history` и `pgbench_tellers`.

`g` или `G` (Generate data, сгенерировать данные на стороне клиента или на стороне сервера)

Сгенерировать данные и загрузить их в стандартные таблицы, заменив все уже существующие данные.

С ключом `g` (выбирающим генерирование данных на стороне клиента), данные формируются в клиентском коде `pgbench`, а затем передаются на сервер. При этом соединение клиент/сервер нагружается командой `COPY`. Когда с ключом `g` генерируются данные для таблицы `pgbench_accounts`, после каждых 100000 строк выдаётся сообщение о прогрессе.

С ключом `G` (выбирающим генерирование данных на стороне сервера), клиентский код `pgbench` передаёт на сервер только небольшие запросы, а собственно формированием данных занимается сервер. В этом случае сетевое соединение не нагружается, но возрастает нагрузка на сервер. При генерировании данных с ключом `G` никакие сообщения о ходе операции не выдаются.

По умолчанию при инициализации базы данные генерируются на стороне клиента (то есть подразумевается ключ `g`).

`v` (Vacuum, очистка)

Вызывать `VACUUM` для стандартных таблиц.

`p` (create Primary keys, создать первичные ключи)

Создать первичные ключи в стандартных таблицах.

`f` (create Foreign keys, создать внешние ключи)

Создать ограничения внешних ключей между стандартными таблицами. (Заметьте, что это действие по умолчанию не выполняется.)

`-F` *`фактор_заполнения`*
`--fillfactor=`*`фактор_заполнения`*

Создать таблицы `pgbench_accounts`, `pgbench_tellers` и `pgbench_branches` с заданным фактором заполнения. Значение по умолчанию — 100.

`-n`
`--no-vacuum`

Не выполнять очистку во время инициализации. (Этот параметр выключает этап инициализации `v`, даже если он был указан в `-I`.)

`-q`
`--quiet`

Переключить вывод в немногословный режим, когда выводится только одно сообщение о прогрессе в 5 секунд. В режиме по умолчанию одно сообщение выводится на каждые 100000 строк, при этом за секунду обычно выводится довольно много строк (особенно на хорошем оборудовании).

Этот параметр не оказывает влияния, если в `-I` выбран вариант `G`.

`-s` *`коэффициент_масштаба`*
`--scale=`*`коэффициент_масштаба`*

Умножить число генерируемых строк на заданный коэффициент. Например, с ключом `-s 100` в таблицу `pgbench_accounts` будут записаны 10 000 000 строк. Значение по умолчанию — 1. При коэффициенте, равном 20 000 или больше, столбцы, содержащие идентификаторы счетов (столбцы `aid`), перейдут к большим целым числам (типу `bigint`), чтобы в них могли уместиться все возможные значения идентификаторов.

`--foreign-keys`

Создать ограничения внешних ключей между стандартными таблицами. (Этот ключ добавляет этап `f` к последовательности подготовительных этапов, если он отсутствует.)

`--index-tablespace=`*`табл_пространство_индексов`*

Создать индексы в указанном табличном пространстве, а не в пространстве по умолчанию.

`--partition-method=`*ИМЯ*

Создать секционированную таблицу `pgbench_accounts`, применив метод *ИМЯ* (это может быть `range` или `hash`). Для использования этого параметра необходимо, чтобы было задано ненулевое значение `--partitions`. Если этот параметр не указывается, подразумевается метод `range`.

`--partitions=`*ЧИСЛО*

Создать секционированную таблицу `pgbench_accounts` с заданным *ЧИСЛОМ* секций примерно равного размера в соответствии с масштабированным количеством счетов. По умолчанию подразумевается число `0`, то есть таблица не секционируется.

`--tablespace=`*табличное_пространство*

Создать таблицы в указанном табличном пространстве, а не в пространстве по умолчанию.

`--unlogged-tables`

Создать все таблицы как нежурналируемые, а не как постоянные таблицы.

Параметры тестирования производительности

pgbench принимает следующие аргументы командной строки для тестирования производительности:

`-b` *имя_скрипта[@вес]*
`--builtin`=*имя_скрипта[@вес]*

Добавляет в список скриптов, которые будут выполняться, указанный встроенный скрипт. В число встроенных скриптов входят `tpcb-like`, `simple-update` и `select-only`. Также принимаются однозначные начала их имён. Со специальным именем `list` программа выводит список встроенных скриптов и немедленно завершается.

Дополнительно можно задать целочисленный вес после `@`, меняющий вероятность выбора этого скрипта относительно других. По умолчанию вес считается равным 1. Подробности следуют ниже.

`-c` *клиенты*
`--client=`*клиенты*

Число имитируемых клиентов, то есть число одновременных сеансов базы данных. Значение по умолчанию — 1.

`-C`
`--connect`

Устанавливать новое подключение для каждой транзакции вместо одного для каждого клиента. Это полезно для оценивания издержек подключений.

`-d`
`--debug`

Выводить отладочные сообщения.

`-D` *имя_переменной=значение*
`--define=`*имя_переменной=значение*

Определить переменную для пользовательского скрипта (см. ниже). Параметр `-D` может добавляться неоднократно.

`-f` *имя_файла[@вес]*
`--file=`*имя_файла[@вес]*

Добавить в список выполняемых скриптов скрипт транзакции из файла *имя_файла*.

Дополнительно можно задать целочисленный вес после `@`, меняющий вероятность выбора этого скрипта относительно других. По умолчанию вес считается равным 1. (Если вам нужно передать имя скрипта, содержащее символ `@`, добавьте к такому имени вес, чтобы исключить неоднозначность прочтения, например `filen@me@1`.) Подробности следуют ниже.

`-j` *`потоки`*
`--jobs=`*`потоки`*

Число рабочих потоков в pgbench. Использовать нескольких потоков может быть полезно на многопроцессорных компьютерах. Клиенты распределяются по доступным потокам равномерно, насколько это возможно. Значение по умолчанию — 1.

`-l`
`--log`

Записать информацию о каждой транзакции в файл протокола. Подробности описаны ниже.

`-L` *`предел`*
`--latency-limit=`*`предел`*

Транзакции, продолжающиеся дольше указанного *`предела`* (в миллисекундах), подсчитываются и отмечаются отдельно, как *опаздывающие*.

В режиме ограничения скорости (`--rate=...`) транзакции, которые отстают от графика более чем на заданный *`предел`* (в мс) и поэтому никак не могут уложиться в отведённый интервал, не передаются серверу вовсе. Они подсчитываются и отмечаются отдельно как *пропущенные*.

`-M` *`режим_запросов`*
`--protocol=`*`режим_запросов`*

Протокол, выбираемый для передачи запросов на сервер:

- `simple`: использовать простой протокол запросов.
- `extended`: использовать расширенный протокол запросов.
- `prepared`: использовать расширенный протокол запросов с подготовленными операторами.

В режиме `prepared` pgbench повторно использует результат разбора запроса, начиная со второй итерации, и поэтому работает быстрее, чем в других режимах.

По умолчанию выбирается простой протокол запросов. (За подробностями обратитесь к Главе 52.)

`-n`
`--no-vacuum`

Не производить очистку таблиц перед запуском теста. Этот параметр *необходим*, если вы применяете собственный сценарий, не затрагивающий стандартные таблицы `pgbench_accounts`, `pgbench_branches`, `pgbench_history` и `pgbench_tellers`.

`-N`
`--skip-some-updates`

Запустить встроенный упрощённый скрипт simple-update. Краткий вариант записи `-b simple-update`.

`-P` *`сек`*
`--progress=`*`сек`*

Выводить отчёт о прогрессе через заданное число секунд (*`сек`*). Выдаваемый отчёт включает время, прошедшее с момента запуска, скорость (в TPS) с момента предыдущего отчёта, а также среднее время ожидания транзакций и стандартное отклонение. В режиме ограничения скорости (`-R`) время ожидания вычисляется относительно назначенного времени запуска транзакции, а не фактического времени её начала, так что оно включает и среднее время отставания от графика.

`-r`
`--report-latencies`

Выводить по завершении тестировании средняя время ожидания операторов (время выполнения с точки зрения клиента) для каждой команды. Подробности описаны ниже.

`-R` *`скорость передачи`*
`--rate=`*`скорость передачи`*

Выполнять транзакции, ориентируясь на заданную скорость, а не максимально быстро (по умолчанию). Скорость задаётся в транзакциях в секунду. Если заданная скорость превышает максимально возможную, это ограничение скорости не повлияет на результаты.

Для получения нужной скорости транзакции запускаются со случайными задержками, имеющими распределение Пуассона. При этом запланированное время запуска отсчитывается от начального времени, а не от завершения предыдущей транзакции. Это означает, что если какие-то транзакции отстанут от изначально рассчитанного времени завершения, всё же возможно, что последующие нагонят график.

В режиме ограничения скорости время ожидания транзакций, выводимое по итогам тестирования, вычисляется, исходя из запланированного времени запуска, так что в него входит время, которое очередная транзакция должна была ждать завершения предыдущей транзакции. Это время называется временем отклонения от графика, и его среднее и максимальное значения выводятся отдельно. Время ожидания транзакций с момента их фактического запуска, то есть время, потраченное на выполнение транзакций в базе данных, можно получить, если вычесть время отклонения от графика из времени ожидания транзакций.

Если ограничение `--latency-limit` задаётся вместе с `--rate`, транзакция может заведомо не вписываться в отведённое ей время, если предыдущая транзакция завершится слишком поздно, так как ожидаемое время окончания транзакции отсчитывается от времени запуска по графику. Такие транзакции не передаются серверу, а пропускаются и подсчитываются отдельно.

Большое значение отклонения от графика свидетельствует о том, что система не успевает выполнять транзакции с заданной скоростью и выбранным числом клиентов и потоков. Когда среднее время ожидания транзакции превышает запланированный интервал между транзакциями, каждая последующая транзакция будет отставать от графика, и чем дольше будет выполняться тестирование, тем больше будет отставание. Когда это наблюдается, нужно уменьшить скорость транзакций.

`-s` *`коэффициент_масштаба`*
`--scale=`*`коэффициент_масштаба`*

Показать заданный коэффициент масштаба в выводе pgbench. Для встроенных тестов это не требуется; корректный коэффициент масштаба будет получен в результате подсчёта строк в таблице `pgbench_branches`. Однако при использовании только нестандартных тестов (запускаемых с ключом `-f`) без этого параметра в качестве коэффициента масштаба будет выводиться 1.

`-S`
`--select-only`

Запустить встроенный скрипт select-only (только выборка). Краткий вариант записи `-b select-only`.

`-t` *`транзакции`*
`--transactions=`*`транзакции`*

Число транзакций, которые будут выполняться каждым клиентом (по умолчанию 10).

`-T` *секунды*
`--time=`*секунды*

Выполнять тест с ограничением по времени (в секундах), а не по числу транзакций для каждого клиента. Параметры `-t` и `-T` являются взаимоисключающими.

`-v`
`--vacuum-all`

Очищать все четыре стандартные таблицы перед запуском теста. Без параметров `-n` и `-v` pgbench будет очищать от старых записей таблицы `pgbench_tellers` и `pgbench_branches`, а также опустошать `pgbench_history`.

`--aggregate-interval=`*секунды*

Длительность интервала агрегации (в секундах). Может использоваться только с ключом `-l`. С данным параметром в протокол выводится сводка по интервалам, как описано ниже.

`--log-prefix=`*префикс*

Задать префикс имён файлов для файлов протоколов, создаваемых с ключом `--log`. Префикс по умолчанию — `pgbench_log`.

`--progress-timestamp`

При отображении прогресса (с параметром `-P`) выводить текущее время (в формате Unix), а не количество секунд от начала запуска. Время задаётся в секундах с точностью до миллисекунд. Это помогает сравнивать журналы, записываемые разными средствами.

`--random-seed=`*затравка*

Установить затравку для генератора случайных чисел. Инициализирует генератор случайных чисел, который затем выдаёт последовательность начальных состояний отдельных генераторов для каждого потока. *затравка* может принимать следующие значения: `time` (по умолчанию, затравка базируется на текущем времени), `rand` (задействовать надёжный генератор случайных чисел или выдать ошибку, если он отсутствует) или беззнаковое десятичное число. Генератор случайных чисел может вызываться явно из скрипта pgbench (функциями `random...`) или неявно (например, для планирования выполнения транзакций с ключом `--rate`). В случае установки значения явным образом оно выводится в терминале. Любое значение, допустимое в качестве *затравки*, можно также задать в переменной окружения `PGBENCH_RANDOM_SEED`. Чтобы заданная затравка применялась во всех возможных случаях использования, задайте этот параметр первым или установите переменную окружения.

Явное указание определённой затравки позволяет точно воспроизвести выполнение `pgbench` в части использования случайных чисел. Так как случайное состояние поддерживается внутри потока, это означает, что выполнение `pgbench` при одинаковых запусках повторится в точности, если один поток используется одним клиентом и отсутствуют внешние зависимости или зависимости от данных. Со статистической точки зрения точное воспроизведение выполнения нежелательно, так как это может скрыть вариативность производительности или показать завышенную скорость, например из-за попадания в одни и те же страницы данных. Однако это может быть очень полезно для отладки, например, для повторения редкого сценария, приводящего к ошибке. Используйте данную возможность обдуманно.

`--sampling-rate=`*скорость передачи*

Частота выборки для записи данных в протокол, изменяя которую можно уменьшить объём протокола. При указании этого параметра в протокол выводится информация только о заданном проценте транзакций. Со значением 1.0 в нём будут отмечаться все транзакции, а с 0.05 только 5%.

Обрабатывая протокол, не забудьте учесть частоту выборки. Например, вычисляя скорость (TPS), вам нужно будет соответственно умножить содержащиеся в нём числа (например, с частотой выборки 0.01 вы получите только 1/100 фактической скорости).

`--show-script=`*`имя_скрипта`*

Вывести код встроенного скрипта *`имя_скрипта`* в stderr и сразу завершиться.

Общие параметры

Программа pgbench также принимает общие аргументы командой строки, определяющие параметры подключения:

`-h` *`компьютер`*
`--host=`*`компьютер`*

Адрес сервера баз данных

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Номер порта сервера баз данных

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Имя пользователя для подключения

`-V`
`--version`

Вывести версию pgbench и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pgbench и завершиться.

Код завершения

В случае успешного выполнения возвращается код 0. Код завершения 1 указывает на статичные проблемы, например, ошибки в параметрах командной строки. При возникновении ошибок во время выполнения, например при обращении к базе данных или выполнении скрипта, выдаётся код завершения 2. В последнем случае pgbench выведет частичные результаты.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию.

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Каково содержание «транзакции», которую выполняет pgbench?

Программа pgbench выполняет тестовые скрипты, выбирая их случайным образом из заданного списка. Это могут быть как встроенные скрипты, задаваемые аргументами `-b`, так и пользовательские, задаваемые аргументами `-f`. Для каждого скрипта можно задать относительный вес после `@`, чтобы скорректировать вероятность его выбора. По умолчанию вес считается равным `1`. Скрипты с весом `0` игнорируются.

Стандартный встроенный скрипт (также вызываемый с ключом `-b tpcb-like`) выдаёт семь команд в транзакции со случайно выбранными `aid`, `tid`, `bid` и `delta`. Его сценарий написан по мотивам теста производительности TPC-B, но это не собственно TPC-B, потому он называется так.

1. `BEGIN;`
2. `UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid = :aid;`
3. `SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;`
4. `UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid = :tid;`
5. `UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid = :bid;`
6. `INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES (:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);`
7. `END;`

При выборе встроенного скрипта `simple-update` (или указании `-N`) шаги 4 и 5 исключаются из транзакции. Это позволяет избежать конкуренции при обращении к этим таблицам, но тест становится ещё менее похожим на TPC-B.

При выборе встроенного теста `select-only` (или указании `-S`) выполняется только `SELECT`.

Пользовательские скрипты

Программа pgbench поддерживает запуск пользовательских сценариев оценки производительности, позволяя заменять стандартный скрипт транзакции (описанный выше) скриптом, считываемым из файла (с параметром `-f`). В этом случае «транзакцией» считается одно выполнение данного скрипта.

Файл скрипта содержит одну или несколько команд SQL, разделённых точкой с запятой. Пустые строки и строки, начинающиеся с `--`, игнорируются. В файлах скриптов также могут содержаться «метакоманды», которые обрабатывает сама программа pgbench, как описано ниже.

> **Примечание**
>
> До версии PostgreSQL 9.6, SQL-команды в файлах скриптов завершались символами перевода строки, и поэтому они не могли занимать несколько строк. Теперь для разделения последовательных команд SQL *требуется* добавлять точку с запятой (хотя без неё можно обойтись в конце SQL-команды, за которой идёт метакоманда). Если вам нужно создать файл скрипта, работающий и со старыми версиями pgbench, записывайте каждую команду SQL в отдельной строке и завершайте её точкой с запятой.

Для файлов скриптов реализован простой механизм подстановки переменных. Имя переменных должно состоять из букв (буквы могут быть не латинскими), подчёркиваний и цифр (но цифра не может быть первым символом). Переменные можно задать в командной строке параметрами `-D`, описанными выше, или метакомандами, рассматриваемыми ниже. Помимо переменных, которые можно установить параметрами командной строки `-D`, есть несколько автоматически устанавливаемых переменных; они перечислены в Таблице 273. Если значение этих переменных задаётся в параметре `-D`, оно переопределяет автоматическое значение. Когда значение переменной определено, его можно вставить в команду SQL, написав `:`*`имя_переменной`*. Каждый клиентский сеанс, если их несколько, получает собственный набор переменных. В одном операторе pgbench поддерживает до 255 ссылок на переменные.

Таблица 273. Автоматические переменные pgbench

Переменная	Описание
`client_id`	уникальное число, идентифицирующее клиентский сеанс (начиная с нуля)
`default_seed`	затравка, используемая в хеш-функциях по умолчанию
`random_seed`	затравка генератора случайных чисел (в отсутствие переопределения с ключом `-D`)
`scale`	текущий коэффициент масштаба

Метакоманды в скрипте начинаются с обратной косой черты (`\`) и обычно продолжаются до конца строки, хотя их можно переносить на следующую строку последовательностью символов: обратная косая, возврат каретки. Аргументы метакоманд разделяются пробелами. Поддерживаемые метакоманды представлены ниже:

`\gset [`*`префикс`*`] \aset [`*`префикс`*`]`

Эти команды могут применяться для завершения SQL-запросов вместо завершающей точки с запятой (`;`).

Когда используется команда `\gset`, ожидается, что предыдущий SQL-запрос возвратит одну строку; значения столбцов будут сохранены в переменные с именами столбцов, а если указан *`префикс`*, он будет добавлен в эти имена.

Когда используется команда `\aset`, значения столбцов всех совмещённых SQL-запросов (разделённых `\;`) будут сохранены в переменные, названные по именам столбцов с добавлением *`префикса`*, если он задан. Если запрос не возвращает в результате строки, присваивание не выполняется и в этом можно убедиться, проверив, существует ли переменная. Если запрос возвращает несколько строк, в переменных сохраняется последнее значение.

В следующем примере итоговый баланс счёта из первого запроса попадает в переменную *`abalance`*, а целочисленные значения из третьего запроса попадают в переменные *`p_two`* и *`p_three`*. Результат второго запроса отбрасывается. Результаты двух последних запросов объединяются и сохраняются в переменных *`four`* и *`five`*.

```
UPDATE pgbench_accounts
  SET abalance = abalance + :delta
  WHERE aid = :aid
  RETURNING abalance \gset
-- объединяет два запроса
SELECT 1 \;
SELECT 2 AS two, 3 AS three \gset p_
SELECT 4 AS four \; SELECT 5 AS five \aset
```

`\if` *`выражение`*
`\elif` *`выражение`*
`\else`
`\endif`

Эта группа команд реализует вкладываемые условные блоки, подобные `\if` *`выражение`* в `psql`. В качестве условных задаются те же выражения, что и в `\set`, при этом истинным считается любое ненулевое значение.

`\set` *`имя_переменной выражение`*

Устанавливает для переменной *`имя_переменной`* значение, вычисленное из *`выражения`*. Выражение может содержать константу `NULL`, логические константы `TRUE` и `FALSE`, целочисленные константы (например, `5432`), константы с плавающей точкой (например, `3.14159`), ссылки на переменные `:`*`имя_переменной`*, операторы с обычными для SQL приоритетами и ассоциативностью, вызовы функций, общие условные SQL-выражения `CASE`, а также скобки.

Функции и большинство операторов возвращают `NULL` для аргументов `NULL`.

При проверке условия отличные от нуля числовые значения воспринимаются как `TRUE`, а числовые нулевые значения и `NULL` — как `FALSE`.

При переполнениях, вызванных слишком большими числами с плавающей точкой или целыми, а также целочисленными операциями (`+`, `-`, `*` и `/`), выдаются ошибки.

Если в конструкции `CASE` отсутствует заключительное `ELSE`, значением по умолчанию считается `NULL`.

Примеры:

```
\set ntellers 10 * :scale
\set aid (1021 * random(1, 100000 * :scale)) % \
           (100000 * :scale) + 1
\set divx CASE WHEN :x <> 0 THEN :y/:x ELSE NULL END
```

`\sleep` *`номер`* `[ us | ms | s ]`

Приостанавливает выполнение скрипта на заданное число микросекунд (`us`), миллисекунд (`ms`) или секунд (`s`). Когда единицы не указываются, подразумеваются секунды. Здесь *`число`* может быть целочисленной константой или ссылкой `:`*`имя_переменной`* на переменную с целочисленным значением.

Пример:

```
\sleep 10 ms
```

`\setshell` *`имя_переменной команда`* `[` *`аргумент`* `... ]`

Присваивает переменной *`имя_переменной`* результат команды оболочки *`команда`* с указанными *`аргументами`*. Эта команда должна просто выдать целочисленное значение в стандартный вывод.

Здесь *`команда`* и каждый *`аргумент`* может быть либо текстовой константой, либо ссылкой на переменную `:`*`имя_переменной`*. Если вы хотите записать *`аргумент`*, начинающийся с двоеточия, добавьте перед *`аргументом`* дополнительное двоеточие.

Пример:

```
\setshell назначаемая_переменная команда
 строковый_аргумент :переменная ::строка_начинающаяся_двоеточием
```

`\shell` *`команда`* `[` *`аргумент`* `... ]`

Действует так же, как и `\setshell`, но не учитывает результат команды.

Пример:

```
\shell команда строковый_аргумент :переменная ::строка_начинающаяся_двоеточием
```

Встроенные операторы

Перечисленные в Таблице 274 арифметические, битовые и логические операторы, а также операторы сравнения встроены в pgbench и могут применяться в выражениях в `\set`. Эти операторы приведены в порядке возрастания их приоритета. Не считая явно отмеченных исключений, операторы с двумя числовыми аргументами будут выдавать результат в типе с плавающей точкой, если какой-либо аргумент имеет такой тип; в противном случае результат будет целочисленным.

Таблица 274. Операторы pgbench

Оператор **Описание** **Примеры**
boolean `OR` *boolean* → *boolean* Логическое ИЛИ `5 or 0` → `TRUE`
boolean `AND` *boolean* → *boolean* Логическое И `3 and 0` → `FALSE`
`NOT` *boolean* → *boolean* Логическое НЕ `not false` → `TRUE`
boolean `IS [NOT] (NULL|TRUE|FALSE)` → *boolean* Логические проверки значений `1 is null` → `FALSE`
значение `ISNULL|NOTNULL` → *boolean* Проверки на NULL `1 notnull` → `TRUE`
номер `=` *номер* → *boolean* Равно `5 = 4` → `FALSE`
номер `<>` *номер* → *boolean* Не равно `5 <> 4` → `TRUE`
номер `!=` *номер* → *boolean* Не равно `5 != 5` → `FALSE`
номер `<` *номер* → *boolean* Меньше `5 < 4` → `FALSE`
номер `<=` *номер* → *boolean* Меньше или равно `5 <= 4` → `FALSE`
номер `>` *номер* → *boolean* Больше `5 > 4` → `TRUE`
номер `>=` *номер* → *boolean* Больше или равно `5 >= 4` → `TRUE`
integer `|` *integer* → *integer* Битовое ИЛИ `1 | 2` → `3`

Оператор Описание Примеры
integer # *integer* → *integer* Битовое исключающее ИЛИ `1 # 3` → `2`
integer & *integer* → *integer* Битовое И `1 & 3` → `1`
~ *integer* → *integer* Битовое НЕ `~ 1` → `-2`
integer << *integer* → *integer* Битовый сдвиг влево `1 << 2` → `4`
integer >> *integer* → *integer* Битовый сдвиг вправо `8 >> 2` → `2`
номер + *номер* → *номер* Сложение `5 + 4` → `9`
номер - *номер* → *номер* Вычитание `3 - 2.0` → `1.0`
номер * *номер* → *номер* Умножение `5 * 4` → `20`
номер / *номер* → *номер* Деление (если оба аргумента целочисленные, результат округляется в сторону нуля) `5 / 3` → `1`
integer % *integer* → *integer* Остаток от деления `3 % 2` → `1`
- *номер* → *номер* Смена знака `- 2.0` → `-2.0`

Встроенные функции

Функции, перечисленные в Таблице 275, встроены в pgbench и могут применяться в выражениях в метакоманде `\set`.

Таблица 275. Функции pgbench

Функция Описание Примеры
`abs` (*число*) → тип аргумента Модуль числа (абсолютное значение)

Функция **Описание** **Примеры**
`abs(-17)` → `17`
`debug` (*число*) → тип аргумента Выводит аргумент в stderr и выдаёт его. `debug(5432.1)` → `5432.1`

`double` (*число*) → `double`
Приводит аргумент к типу с плавающей точкой.
`double(5432)` → `5432.0`

`exp` (*число*) → `double`
Экспонента (`e` возводится в заданную степень)
`exp(1.0)` → `2.718281828459045`

`greatest` (*число* [, `...`]) → `double` при наличии аргумента(ов) double, иначе — `integer`
Выбирает наибольшее значение среди аргументов.
`greatest(5, 4, 3, 2)` → `5`

`hash` (*значение* [, *затравка*]) → `integer`
Псевдоним `hash_murmur2` .
`hash(10, 5432)` → `-5817877081768721676`

`hash_fnv1a` (*значение* [, *затравка*]) → `integer`
Вычисляет хеш по алгоритму *FNV-1a*.
`hash_fnv1a(10, 5432)` → `-7793829335365542153`

`hash_murmur2` (*значение* [, *затравка*]) → `integer`
Вычисляет хеш по алгоритму *MurmurHash2*.
`hash_murmur2(10, 5432)` → `-5817877081768721676`

`int` (*число*) → `integer`
Приводит аргумент к целочисленному типу.
`int(5.4 + 3.8)` → `9`

`least` (*число* [, `...`]) → `double` при наличии аргумента(ов) double, иначе — `integer`
Выбирает наименьшее значение среди аргументов.
`least(5, 4, 3, 2.1)` → `2.1`

`ln` (*число*) → `double`
Натуральный логарифм
`ln(2.718281828459045)` → `1.0`

`mod` (*целое*, *целое*) → `integer`
Остаток от деления
`mod(54, 32)` → `22`

`pi` () → `double`
Приближённое значение π
`pi()` → `3.14159265358979323846`

`pow` (*x*, *y*) → `double`
`power` (*x*, *y*) → `double`
Возводит *x* в степень *y*
`pow(2.0, 10)` → `1024.0`

Функция Описание Примеры
random (*lb*, *ub*) → integer Выдаёт случайное целое число с равномерным распределением в интервале [lb, ub] . random(1, 10) → целое между 1 и 10
random_exponential (*lb*, *ub*, *parameter*) → integer Выдаёт случайное целое число с экспоненциальным распределением в интервале [lb, ub], см. ниже. random_exponential(1, 10, 3.0) → целое между 1 и 10
random_gaussian (*lb*, *ub*, *parameter*) → integer Выдаёт целое число с распределением Гаусса в интервале [lb, ub] , см. ниже. random_gaussian(1, 10, 2.5) → целое между 1 и 10
random_zipfian (*lb*, *ub*, *parameter*) → integer Выдаёт целое число с распределением Ципфа в интервале [lb, ub] , см. ниже. random_zipfian(1, 10, 1.5) → целое между 1 и 10
sqrt (*число*) → double Квадратный корень sqrt(2.0) → 1.414213562

Функция `random` выдаёт значения с равномерным распределением, то есть вероятности получения всех чисел в интервале равны. Функции `random_exponential`, `random_gaussian` и `random_zipfian` требуют указания дополнительного параметра типа double, определяющего точную форму распределения.

- Для экспоненциального распределения *parameter* управляет распределением, обрезая быстро спадающее экспоненциальное распределение в точке *parameter*, а затем это распределение проецируется на целые числа между границами. Точнее говоря, с

  f(x) = exp(-parameter * (x - min) / (max - min + 1)) / (1 - exp(-parameter))

  значение *i* между *min* и *max* выдаётся с вероятностью: `f(i) - f(i + 1)`.

  Интуиция подсказывает, что чем больше *parameter*, тем чаще будут выдаваться значения, близкие к *min*, и тем реже значения, близкие к *max*. Чем *parameter* ближе к 0, тем более плоским (более равномерным) будет распределение. В грубом приближении при таком распределении наиболее частый 1% значений в диапазоне рядом с *min* выдаётся *parameter*% времени. Значение *parameter* должно быть строго положительным.

- Для распределения Гаусса по интервалу строится обычное нормальное распределение (классическая кривая Гаусса в форме колокола) и этот интервал обрезается в точке `-parameter` слева и `+parameter` справа. Вероятнее всего при таком распределении выдаются значения из середины интервала. Точнее говоря, если `PHI(x)` — функция распределения нормальной случайной величины со средним значением `mu`, равным `(max + min) / 2.0`, и

  f(x) = PHI(2.0 * parameter * (x - mu) / (max - min + 1)) /
  (2.0 * PHI(parameter) - 1)

  тогда значение *i* между *min* и *max* включительно выдаётся с вероятностью: `f(i + 0.5) - f(i - 0.5)`. Интуиция подсказывает, что чем больше *parameter*, тем чаще будут выдаваться значения в середине интервала, и тем реже значения у границ *min* и *max*. Около 67% значений будут выдаваться из среднего интервала `1.0 / parameter`, то есть плюс/минус `0.5 / parameter` от среднего значения, и 95% из среднего интервала `2.0 / parameter`, то есть плюс/минус `1.0 / parameter` от среднего значения; например, если *parameter* равен 4.0, 67% значений выдаются из средней четверти (1.0 / 4.0) интервала (то есть от `3.0 / 8.0` до `5.0 / 8.0`) и 95% из средней половины (`2.0 / 4.0`) интервала (из второй и третьей четвертей). Значение *parameter* не может быть меньше 2.0.

- Функция `random_zipfian` генерирует ограниченное распределение по закону Ципфа. *parameter* определяет, насколько неравномерно распределение. Чем больше *parameter*, тем чаще выдаются значения, близкие к началу интервала. Это распределение таково, что при диапазоне, начинающемся с 1, отношение вероятности получить *k* к вероятности получения *k+1* равняется `((k+1)/k)**parameter`. Например, `random_zipfian(1, ..., 2.5)` будет выдавать число `1` примерно в `(2/1)**2.5 = 5.66` раза чаще, чем число `2`, а оно, в свою очередь, будет выдаваться примерно в `(3/2)**2.5 = 2.76` раза чаще, чем `3`, и так далее.

  Это распределение реализовано в pgbench по материалу книги «Non-Uniform Random Variate Generation» («Генерация неравномерно распределённых случайных чисел» Люк Деврой, стр. 550-551, Springer 1986. Вследствие ограничений алгоритма *parameter* может принимать значения только в интервале [1.001, 1000].

Функции хеширования `hash`, `hash_murmur2` и `hash_fnv1a` принимают на вход аргумент и необязательный параметр с затравкой. Если значение затравки не задаётся, используется значение переменной `:default_seed`, которая инициализируется случайным числом (если не задаётся явно ключом командной строки `-D`). Функции хеширования могут использоваться для разброса распределения случайных функций, таких как `random_zipfian` или `random_exponential`. Например, следующий скрипт pgbench эмулирует возможную реальную нагрузку, типичную для социальных медиа- и блог-платформ, где несколько пользователей генерируют львиную долю нагрузки:

```
\set r random_zipfian(0, 100000000, 1.07)
\set k abs(hash(:r)) % 1000000
```

В некоторых случаях требуются другие разнообразные распределения, не коррелирующие друг с другом, и тогда может быть полезно явное указание затравки:

```
\set k1 abs(hash(:r, :default_seed + 123)) % 1000000
\set k2 abs(hash(:r, :default_seed + 321)) % 1000000
```

В качестве примера взгляните на встроенное определение транзакции типа TPC-B:

```
\set aid random(1, 100000 * :scale)
\set bid random(1, 1 * :scale)
\set tid random(1, 10 * :scale)
\set delta random(-5000, 5000)
BEGIN;
UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid = :aid;
SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;
UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid = :tid;
UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid = :bid;
INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES
 (:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);
END;
```

С таким скриптом транзакция на каждой итерации будет обращаться к разным, случайно выбираемым строкам. (Этот пример показывает, почему важно, чтобы в каждом клиентском сеансе были собственные переменные — в противном случае они не будут независимо обращаться к разным строкам.)

Протоколирование транзакций

С параметром `-l` (но без `--aggregate-interval`), pgbench записывает информацию о каждой транзакции в протокол. Этот файл протокола будет называться `префикс.nnn`, где *префикс* по умолчанию — `pgbench_log`, а *nnn* — PID процесса pgbench. Префикс можно сменить, воспользовавшись ключом `--log-prefix`. Если параметр `-j` равен 2 или выше, будет создано несколько рабочих потоков, и каждый будет записывать отдельный протокол. Первый рабочий процесс будет использовать файл с тем же именем, что и в стандартном случае с одним потоком, а файлы остальных потоков будут называться `префикс.nnn.mmm`, где *mmm* — порядковый номер рабочего процесса, начиная с 1.

Протокол имеет следующий формат:

```
код_клиента число_транзакций длительность номер_скрипта время_эпохи время_мкс
 [ отставание_от_графика ]
```

Здесь *код_клиента* показывает, в сеансе какого клиента запускалась транзакция, *число_транзакций* отражает, сколько транзакций выполнялось в этом сеансе, *длительность* — общее время транзакций (в микросекундах), *номер_скрипта* показывает, какой файл скрипта использовался (это полезно при указании нескольких скриптов ключами `-f` и `-b`), а *время_эпохи*/*время_мкс* — отметка времени в формате Unix и смещение в микросекундах (из этих чисел можно получить время стандарта ISO 8601 с дробными секундами), показывающие, когда транзакция была завершена. Поле *отставание_от_графика* представляет разницу между запланированным временем запуска транзакции и фактическим временем запуска (в микросекундах). Оно выводится, только когда применяется параметр `--rate`. Когда одновременно применяются параметры `--rate` и `--latency-limit`, в поле *длительность* для пропущенных транзакций будет выводиться `skipped`.

Фрагмент протокола, полученного при выполнении с одним клиентом:

```
0 199 2241 0 1175850568 995598
0 200 2465 0 1175850568 998079
0 201 2513 0 1175850569 608
0 202 2038 0 1175850569 2663
```

Ещё один пример с `--rate=100` и `--latency-limit=5` (обратите внимание на дополнительный столбец *отставание_от_графика*):

```
0 81 4621 0 1412881037 912698 3005
0 82 6173 0 1412881037 914578 4304
0 83 skipped 0 1412881037 914578 5217
0 83 skipped 0 1412881037 914578 5099
0 83 4722 0 1412881037 916203 3108
0 84 4142 0 1412881037 918023 2333
0 85 2465 0 1412881037 919759 740
```

В этом примере транзакция 82 опоздала, так как её длительность (6.173 мс) превысила ограничение в 5 мс. Следующие две транзакции были пропущены, так как было слишком поздно их начинать.

Когда проводится длительное тестирование с большим количеством транзакций, файлы протоколов могут быть очень объёмными. Чтобы в них записывалась только случайная выборка транзакций, можно запустить команду с параметром `--sampling-rate`.

Протоколирование с агрегированием

С параметром `--aggregate-interval` протоколы имеют несколько иной формат:

```
начало_интервала число_транзакций
  сумма_длительности сумма_длительности_2 мин_длительность макс_длительность
 [сумма_задержки сумма_задержки_2 мин_задержка макс_задержка [ пропущено_транзакций ] ]
```

Здесь *начало_интервала* — начальное время интервала (в формате времени UNIX), *число_транзакций* — количество транзакций в данном интервале, *сумма_длительности* — суммарная длительность транзакций, *сумма_длительности_2* — сумма квадратов длительностей транзакций в интервале, *мин_длительность* — минимальная длительность в интервале, а *макс_задержка* — максимальная. Следующие поля, *сумма_задержки*, *сумма_задержки_2*, *мин_задержка* и *макс_задержка*, присутствуют, только если применяется параметр `--rate`. Они отражают время, на которое задержалась каждая транзакция, ожидая завершения предыдущей, то есть разницу между временем фактического запуска и запланированным временем. Самое последнее поле, *пропущено_транзакций*, тоже присутствует, только если применяется ключ `--latency-limit`. В нём выводится число транзакций, пропущенных из-за того, что их запуск задержался слишком надолго. Каждая транзакция учитывается в том интервале, в котором она была зафиксирована.

Пример вывода:

```
1345828501 5601 1542744 483552416 61 2573
1345828503 7884 1979812 565806736 60 1479
1345828505 7208 1979422 567277552 59 1391
1345828507 7685 1980268 569784714 60 1398
1345828509 7073 1979779 573489941 236 1411
```

Заметьте, что простой протокол (без агрегирования) показывает, какой скрипт использовался для каждой транзакции, в отличие от протокола с агрегированием. Таким образом, если вам нужны подобные сведения, но в разрезе скриптов, вам придётся агрегировать данные самостоятельно.

Время ожидания по операторам

С параметром `-r` программа pgbench учитывает время выполнения каждого оператора каждым клиентом. Затем по завершении тестирования она выводит среднее по всем значениям как время ожидания каждого оператора.

Со стандартным скриптом вывод будет примерно таким:

```
starting vacuum...end.
transaction type: <builtin: TPC-B (sort of)>
scaling factor: 1
query mode: simple
number of clients: 10
number of threads: 1
number of transactions per client: 1000
number of transactions actually processed: 10000/10000
latency average = 15.844 ms
latency stddev = 2.715 ms
tps = 618.764555 (including connections establishing)
tps = 622.977698 (excluding connections establishing)
statement latencies in milliseconds:
        0.002  \set aid random(1, 100000 * :scale)
        0.005  \set bid random(1, 1 * :scale)
        0.002  \set tid random(1, 10 * :scale)
        0.001  \set delta random(-5000, 5000)
        0.326  BEGIN;
        0.603  UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid
 = :aid;
        0.454  SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;
        5.528  UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid
 = :tid;
        7.335  UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid
 = :bid;
        0.371  INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES
 (:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);
        1.212  END;
```

Если задействуется несколько файлов скриптов, средние значения выводятся отдельно для каждого файла.

Учтите, что сбор дополнительных временных показателей влечёт некоторые издержки и приводит к снижению средней скорости и, как результат, падению TPS. На сколько именно снизится скорость, во многом зависит от платформы и оборудования. Хороший способ оценить, каковы эти издержки — сравнить средние значения TPS, получаемые с подсчётом времени операторов и без такого подсчёта.

Полезные советы

Используя pgbench, можно без особого труда получить абсолютно бессмысленные числа. Последуйте приведённым советам, чтобы получить полезные результаты.

Во-первых, *никогда* не доверяйте тестам, которые выполняются всего несколько секунд. Воспользуйтесь параметром -t и -T и установите время выполнения не меньше нескольких минут, чтобы избавиться от шума в средних значениях. В некоторых случаях для получения воспроизводимых результатов тестирование должно продолжаться несколько часов. Чтобы понять, были ли получены воспроизводимые значения, имеет смысл запустить тестирование несколько раз.

Для стандартного сценария по типу TPC-B начальный коэффициент масштаба (-s) должен быть не меньше числа клиентов, с каким вы намерены проводить тестирование (-c); в противном случае вы, по большому счёту, будете замерять время конкурентных изменений. Таблица pgbench_branches содержит всего -s строк, а каждая транзакция хочет изменить одну из них, так что если значение -c превышает -s, это несомненно приведёт к тому, что многие транзакции будут блокироваться другими.

Стандартный сценарий тестирования также довольно сильно зависит от того, сколько времени прошло с момента инициализации таблиц: накопление неактуальных строк и «мёртвого» пространства в таблицах влияет на результаты. Чтобы правильно оценить результаты, необходимо учитывать, сколько всего изменений было произведено и когда выполнялась очистка. Если же включена автоочистка, это может быть чревато непредсказуемыми изменениями оценок производительности.

Полезность результатов pgbench также может ограничиваться тем, что тестирование с большим числом клиентских сеансов само по себе нагружает систему. Этого можно избежать, запуская pgbench на другом компьютере, не на сервере баз данных, хотя при этом большое значение имеет скорость сети. Иногда, оценивая производительность одного сервера, полезно запускать даже несколько экземпляров pgbench параллельно, на отдельных клиентских компьютерах.

Безопасность

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, не запускайте pgbench в этой базе. Программа pgbench использует неполные имена и не настраивает для себя путь поиска.

pg_config

pg_config — вывести информацию об установленной версии PostgreSQL

Синтаксис

`pg_config` [*параметр*...]

Описание

Утилита pg_config выводит параметры конфигурации текущей установленной версии PostgreSQL. Это помогает, например, найти заголовочные файлы и библиотеки, требующиеся программным средствам, которые хотят взаимодействовать с PostgreSQL.

Параметры

При использовании pg_config можно передать следующие параметры:

`--bindir`

Вывести расположение исполняемых файлов. Можно использовать, например, для поиска утилиты `psql`. Обычно там же находится и сама утилита `pg_config`.

`--docdir`

Вывести расположение файлов документации.

`--htmldir`

Вывести расположение файлов документации в формате HTML.

`--includedir`

Вывести расположение заголовочных C-файлов клиентских интерфейсов.

`--pkgincludedir`

Вывести расположение других заголовочных C-файлов.

`--includedir-server`

Вывести расположение заголовочных C-файлов для программирования серверной части.

`--libdir`

Вывести расположение библиотек объектного кода.

`--pkglibdir`

Вывести расположение динамически подгружаемых модулей, либо путь, где сервер должен их искать. По этому пути также могут размещаться и другие архитектурно-зависимые файлы.

`--localedir`

Вывести расположение файлов поддержки локалей. Если поддержка локалей не была сконфигурирована на этапе сборки PostgreSQL, будет выведена пустая строка.

`--mandir`

Вывести расположение страниц руководства man.

`--sharedir`

Вывести расположение архитектурно-независимых вспомогательных файлов.

`--sysconfdir`

Вывести расположение системных конфигурационных файлов.

`--pgxs`

Вывести расположение файлов сборки расширений.

`--configure`

Вывести список параметров `configure`, использованных при сборке PostgreSQL. Это может пригодиться, чтобы при последующей сборке сделать идентичную конфигурацию. Или для того, чтобы найти с какими параметрами был собран используемый бинарный пакет. (Стоит отметить, что бинарные пакеты нередко содержат патчи, специфичные для дистрибутивов.) См. примеры ниже.

`--cc`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CC`. Оно отражает, какой C-компилятор применялся.

`--cppflags`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CPPFLAGS`. Оно отражает флаги C-компилятора, применённые для препроцессора. Обычно это флаги `-I`.

`--cflags`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CFLAGS`. Оно отражает флаги C-компилятора, применённые при сборке.

`--cflags_sl`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CFLAGS_SL`. Оно отражает дополнительные флаги C-компилятора для сборки разделяемых библиотек.

`--ldflags`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS`. Оно отражает флаги компоновщика.

`--ldflags_ex`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS_EX`. Оно отражает флаги компоновщика, использованные при сборке лишь исполняемых файлов.

`--ldflags_sl`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS_SL`. Оно отражает флаги компоновщика, использованные при сборке лишь разделяемых библиотек.

`--libs`

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LIBS`. Обычно оно отражает флаги подключения внешних библиотек к PostgreSQL, переданные с ключом `-l`.

`--version`

Вывести версию PostgreSQL.

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде pg_config.

Если одновременно передано несколько параметров, то выводимая информация будет следовать согласно их порядку. Если параметры не переданы, то будет выведена вся информация с подписями, к чему она относится.

Примечания

Параметры `--docdir`, `--pkgincludedir`, `--localedir`, `--mandir`, `--sharedir`, `--sysconfdir`, `--cc`, `--cppflags`, `--cflags`, `--cflags_sl`, `--ldflags`, `--ldflags_sl` и `--libs` доступны, начиная с версии PostgreSQL 8.1. Параметр `--htmldir` добавлен в PostgreSQL 8.4. Параметр `--ldflags_ex` добавлен в PostgreSQL 9.0.

Пример

Чтобы воспроизвести конфигурацию сборки текущей инсталляции PostgreSQL, можно выполнить команду:

```
eval ./configure `pg_config --configure`
```

Вывод `pg_config --configure` содержит символы экранирования, поэтому значения аргументов, содержащие пробелы, представлены корректно. Таким образом, для получения корректного результата необходимо применить `eval`.

pg_dump

pg_dump — выгрузить базу данных PostgreSQL в виде скрипта или в архивном формате

Синтаксис

`pg_dump` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [*имя_бд*]

Описание

pg_dump — это программа для создания резервных копий базы данных PostgreSQL. Она создаёт целостные копии, даже если база параллельно используется. Программа pg_dump не препятствует доступу других пользователей к базе данных (ни для чтения, ни для записи).

Программа pg_dump выгружает только одну базу данных. Чтобы выгрузить весь кластер или сохранить глобальные объекты, относящиеся ко всем базам в кластере, например, роли и табличные пространства, воспользуйтесь программой pg_dumpall.

Выгружаемые данные могут быть сохранены в виде скрипта, либо в одном из архивных форматов. Скрипты представляют собой текстовые файлы, содержащие SQL-команды, необходимые для воссоздания базы данных до состояния на момент создания скрипта. Для восстановления из скрипта его содержимое можно передать psql. Скрипты можно использовать для восстановления базы на других машинах, в том числе с иной архитектурой, а с некоторыми коррективами даже в других СУБД.

Для восстановления из архивных форматов файлов используется утилита pg_restore. Эти форматы позволяют указывать pg_restore какие объекты базы данных восстановить, а также позволяют изменить порядок следования восстанавливаемых объектов. Архивные форматы файлов спроектированы так, чтобы их можно были переносить на другие платформы с другой архитектурой.

Применение архивных форматов в сочетании утилит pg_restore и pg_dump позволяет организовывать эффективный механизм архивации и переноса данных. pg_dump можно использовать для резервирования всей базы данных, а затем при применении pg_restore выбрать нужные объекты для восстановления. Наиболее гибкие форматы выходных файлов это «custom» (`-Fc`) и «directory» (`-Fd`). Они позволяют выбрать и изменить порядок объектов, поддерживают восстановление в несколько потоков, а также сжимаются по умолчанию. При этом только формат «directory» поддерживает выгрузку данных в несколько потоков.

Во время работы pg_dump следует обращать внимание на предупреждения, которые печатаются в стандартный поток ошибок, особенно ввиду рассмотренных далее ограничений.

> **Предупреждение**
>
> При восстановлении выгрузки в целевой точке выполняется произвольный код по выбору суперпользователей исходной точки. Для частичных выгрузок и частичных восстановлений такого ограничения нет. Если суперпользователи исходной точки не являются доверенными, выгружаемые команды SQL нужно проверять перед восстановлением. Выгрузки в нетекстовом формате можно проверить через параметр `--file` pg_restore. Обратите внимание, что клиенту, выполняющий выгрузку и восстановление, не нужно доверять суперпользователям исходной или целевой точки.

Параметры

Параметры командной строки для управления содержимым и форматом вывода.

имя_бд

Указывает имя базы данных, из которой будут выгружаться данные. Если имя не задано, то используется значение переменной окружения `PGDATABASE`. Если и переменная не задана, то в качестве имени базы будет взято имя пользователя, под которым осуществляется подключение.

`-a`
`--data-only`

Выводить только данные, но не схемы объектов (DDL). Будут копироваться данные таблиц, большие объекты, значения последовательностей.

Флаг похож на `--section=data`, но по историческим причинам не равнозначен ему.

`-b`
`--blobs`

Включить большие объекты в выгрузку. Это поведение по умолчанию при отсутствии ключей `--schema`, `--table` или `--schema-only`. Таким образом, ключ `-b` полезен, лишь когда нужно добавить большие объекты при выгрузке только избранной схемы или таблицы. Заметьте, что большие объекты относятся к данным, и поэтому будут выгружаться, когда используется ключ `--data-only`, но не ключ `--schema-only`.

`-B`
`--no-blobs`

Исключить из выгрузки большие объекты.

Когда задаётся и `-b`, и `-B`, большие объекты при выгрузке данных будут выводиться (см. описание ключа `-b`).

`-c`
`--clean`

Включить в выходной файл команды удаления `DROP` всех выгружаемых объектов базы данных перед командами создания этих объектов. Этот параметр полезен, если при восстановлении необходимо перезаписать существующую базу данных. Если дополнительно не указать флаг `--if-exists`, то при восстановлении в базу данных, где некоторые объекты отсутствуют, попытка удаления несуществующего объекта будет приводить к ошибке, которую можно игнорировать.

Этот параметр игнорируется, когда данные выгружаются в архивных форматах (не в текстовом). Для таких форматов данный параметр можно указать при вызове `pg_restore`.

`-C`
`--create`

Сформировать в начале вывода команду для создания базы данных и затем подключения к ней. В этом случае не важно, какая база указана в параметрах подключения перед выполнением скрипта. Также, если указан ключ `--clean`, то скрипт сначала удалит, а затем пересоздаст базу данных перед подключением к ней.

С ключом `--create` в выходной файл также включается комментарий к базе данных (если он задан) и все назначения переменных конфигурации, связанные с базой данных, то есть все команды `ALTER DATABASE ... SET ...` и `ALTER ROLE ... IN DATABASE ... SET ...`, ссылающиеся на эту базу данных. Также выгружаются права доступа к самой базе данных, если не добавлен ключ `--no-acl`.

Этот параметр игнорируется, когда данные выгружаются в архивных форматах (не в текстовом). Для таких форматов данный параметр можно указать при вызове `pg_restore`.

`-E` *`кодировка`*
`--encoding=`*`кодировка`*

Создать копию в заданной кодировке. По умолчанию копия создаётся в кодировке, используемой базой данных. Другой способ достичь того же результата — задать желаемую кодировку в переменной окружения `PGCLIENTENCODING`.

`-f` *`файл`*
`--file=`*`файл`*

Отправить вывод в указанный файл. Параметр можно не указывать, если используется формат с выводом в файл. В этом случае будет использован стандартный вывод. Однако для формата с выводом в каталог параметр является обязательным и должен задавать путь к каталогу. В этом случае целевой каталог будет создан командой `pg_dump` и не должен существовать заранее.

`-F` *`format`*
`--format=`*`format`*

Указывает формат вывода копии. *`format`* может принимать следующие значения:

`p`
`plain`

Сформировать текстовый SQL-скрипт. Это поведение по умолчанию.

`c`
`custom`

Выгрузить данные в специальном архивном формате, пригодном для дальнейшего использования утилитой pg_restore. Наряду с форматом `directory` является наиболее гибким форматом, позволяющим вручную выбирать и сортировать восстанавливаемые объекты. Вывод в этом формате по умолчанию сжимается.

`d`
`directory`

Выгрузить данные в формате каталога. Этот формат пригоден для дальнейшего использования утилитой pg_restore. При этом будет создан каталог, в котором для каждой таблицы и большого объекта будут созданы отдельные файлы, а также файл оглавления в машинно-читаемом формате, понятном для pg_restore. С полученной резервной копией можно работать штатными средствами Unix, например, несжатую копию можно сжать посредством gzip. Этот формат по умолчанию сжимается, а также поддерживает работу в несколько потоков.

`t`
`tar`

Выгрузить данные в формате `tar`, для дальнейшего использования с утилитой pg_restore. Этот формат совместим с форматом вывода в каталог: если архив распаковать, получится корректная копия в формате каталога. Однако формат tar не поддерживает сжатие. Также, применяя формат tar, при восстановлении нельзя изменить относительный порядок элементов данных.

`-j` *`число_заданий`*
`--jobs=`*`число_заданий`*

Осуществить выгрузку в параллельном режиме, обрабатывая одновременно несколько таблиц (в количестве *`число_заданий`*). Это может сократить время, необходимое для выгрузки, но увеличивает нагрузку на сервер. Этот параметр можно использовать только с форматом вывода в каталог, так как это единственный формат, позволяющий нескольким процессам записывать данные одновременно.

pg_dump откроет *`число_заданий`* + 1 соединений с базой данных. Таким образом необходимо обеспечить достаточное значение параметра max_connections.

Если во время выгрузки в несколько потоков, параллельно работающие сеансы будут запрашивать эксклюзивные блокировки на объекты базы данных, то pg_dump может завершиться аварийно. Дело в том, что головной процесс pg_dump вначале запрашивает разделяемые блокировки на объекты, которые позже будут выгружать рабочие процессы. Это делается для того, чтобы никто не смог удалить объекты на время работы pg_dump. Если же другой сеанс запросит эксклюзивную блокировку на объект, то запрос на блокировку будет поставлен в очередь, до тех пор пока разделяемая блокировка головного процесса pg_dump не будет снята. В последующем, любая попытка доступа к этому объекту будет вставать в очередь, вслед за эксклюзивной блокировкой. В том числе в очередь попадет и рабочий процесс pg_dump. Если не принять меры предосторожности, то получим классическую взаимоблокировку. Для предупреждения подобных конфликтов, рабочий процесс pg_dump ещё раз запрашивает разделяемую блокировку на объект с указанием `NOWAIT`. И если он не смог получить блокировку, значит кто-то ещё запросил эксклюзивную блокировку объекта. А это значит, что нет возможности продолжить выгрузку, поэтому pg_dump прерывает дальнейшую работу.

Для получения целостной резервной копии сервер баз данных должен поддерживать функциональность синхронизированных снимков, которая была введена в версии PostgreSQL 9.2 для ведущих серверов и в 10 для ведомых. Это позволяет разным клиентам работать с одной и той же версией данных, несмотря на использование разных подключений. `pg_dump -j` использует множественные подключения. Первое подключение осуществляется головным процессом, а последующие — рабочими процессами. Без функциональности синхронизируемых снимков нет гарантии того, что каждое подключение увидит одни и те же данные, что может привести к несогласованности данных резервной копии.

Если необходимо выполнить выгрузку в несколько потоков на сервере версии до 9.2, необходимо быть уверенным, что база данных не будет изменяться с момента подключения головного процесса и до момента, когда последний рабочий процесс подключится к базе данных. Для этого, проще всего перед запуском pg_dump остановить все процессы, модифицирующие данные (DML и DDL). Также, при запуске `pg_dump -j` на сервере PostgreSQL до версии 9.2 нужно указывать параметр `--no-synchronized-snapshots`.

`-n` *шаблон*
`--schema=`*шаблон*

Выгрузить только схемы, соответствующие *шаблону*; вместе с этими схемами будут выгружены и все содержащиеся в них объекты. Когда этот параметр отсутствует, выгружаются все несистемные схемы в целевой базе данных. Чтобы выгрузить несколько схем, ключ `-n` можно указать несколько раз. Параметр *шаблон* интерпретируется по тем же правилам, что и шаблон в командах psql `\d` (см. Шаблоны поиска ниже), так что несколько схем можно выбрать и шаблоном со знаками подстановки. Используя знаки подстановки, при необходимости заключайте шаблон в кавычки, чтобы эти знаки не разворачивала оболочка системы; см. Примеры ниже.

> **Примечание**
>
> При использовании `-n`, pg_dump не выгружает объекты других схем, от которых выгружаемая схема может зависеть. Таким образом не гарантируется, что выгруженная схема будет успешно восстановлена в чистой базе данных.

> **Примечание**
>
> Не принадлежащие схемам объекты (например, большие бинарные объекты), не выгружаются с параметром `-n`. Однако можно указать `--blobs`, чтобы они попали в выгрузку.

`-N` *шаблон*
`--exclude-schema=`*шаблон*

Не выгружать схемы, соответствующие *шаблону*. Шаблон интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-n`. Параметр `-N` можно использовать в команде несколько раз для исключения схем, соответствующих нескольким шаблонам.

При одновременном использовании параметров `-n` и `-N` будут выгружаться схемы, соответствующие шаблону параметра `-n` и не противоречащие шаблону параметра `-N`.

`-O`
`--no-owner`

Не формировать команды, устанавливающие владельца объектов базы данных. По умолчанию pg_dump генерирует команды `ALTER OWNER` или `SET SESSION AUTHORIZATION` для назначения владельцев объектов базы. Эти команды завершатся неудачно, если скрипт будет запущен не суперпользователем или не владельцем объектов. Чтобы создать скрипт, который можно выполнить при восстановлении от лица произвольного пользователя и назначить его в качестве владельца объектов восстанавливаемой базы, необходимо указать флаг `-O`.

Этот параметр игнорируется, когда данные выгружаются в архивных форматах (не в текстовом). Для таких форматов данный параметр можно указать при вызове `pg_restore`.

`-R`
`--no-reconnect`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-s`
`--schema-only`

Выгружать только определения объектов (схемы), без данных.

Действие параметра противоположно действию `--data-only`. Это похоже на указание `--section=pre-data --section=post-data`, но по историческим причинам не равнозначно ему.

(Не путайте этот параметр с `--schema`, где слово «схема» используется в другом значении.)

Чтобы не выгружать данные отдельных таблиц, используйте параметр `--exclude-table-data`.

`-S` *`имя_пользователя`*
`--superuser=`*`имя_пользователя`*

Указать суперпользователя, который будет использоваться для отключения триггеров. Параметр имеет значение только вместе с `--disable-triggers`. Обычно его лучше не использовать, а запускать полученный скрипт от имени суперпользователя.

`-t` *`шаблон`*
`--table=`*`шаблон`*

Выгрузить только таблицы, соответствующие *`шаблону`*. Чтобы выбрать несколько таблиц, ключ `-t` можно указать несколько раз. Параметр *`шаблон`* интерпретируется по тем же правилам, что и шаблон в командах psql `\d` (см. Шаблоны поиска), так что несколько таблиц можно выбрать и шаблоном со знаками подстановки. Используя знаки подстановки, при необходимости заключайте шаблон в кавычки, чтобы эти знаки не разворачивала оболочка системы; см. Примеры.

Помимо обычных таблиц, с этим указанием можно выгрузить определения соответствующих шаблону последовательностей, представлений, материализованных представлений и сторонних таблиц. При этом содержимое представлений и матпредставлений выгружаться не будет, а содержимое сторонних таблиц будет выгружено, только если в аргументе `--include-foreign-data` указан соответствующий сторонний сервер.

Параметры `-n` и `-N` не действуют в присутствии параметра `-t`, так как отобранные им таблицы всё равно будут выгружены, а не табличные объекты выгружаться не будут.

> **Примечание**
>
> При использовании `-t`, pg_dump не выгружает прочие объекты, от которых выгружаемые таблицы могут зависеть. Таким образом не гарантируется, что выгруженные таблицы будут успешно восстановлены в чистой базе данных.

> **Примечание**
>
> Поведение параметра `-t` для версий ниже чем PostgreSQL 8.2 отличается от более поздних. Прежде, указание `-t таблица` включало все таблицы, соответствующие шаблону `таблица`, а сейчас это приведёт к выгрузке только тех таблиц, которые будут обнаружены в текущем пути поиска. Для получения старого поведения можно использовать конструкцию вида `-t '*.таблица'`. Также, чтобы указать таблицу из конкретной схемы, сейчас лучше использовать `-t схема.таблица`, вместо старой конструкции `-n схема -t таблица`.

`-T` *`шаблон`*
`--exclude-table=`*`шаблон`*

Не выгружать таблицы, соответствующие *`шаблону`*. Шаблон интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-t`. Параметр `-T` можно использовать в команде несколько раз для исключения таблиц, соответствующих нескольким шаблонам.

При одновременном использовании параметров `-t` и `-T` будут выгружаться таблицы, соответствующие шаблону параметра `-t` и не противоречащие шаблону параметра `-T`.

`-v`
`--verbose`

Включить подробный режим. pg_dump будет выводить в стандартный поток ошибок подробные комментарии к объектам, включая время начала и окончания выгрузки, а также сообщения о прогрессе выполнения.

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_dump.

`-x`
`--no-privileges`
`--no-acl`

Не выгружать права доступа (команды GRANT/REVOKE).

`-Z` *`0..9`*
`--compress=`*`0..9`*

Установить уровень сжатия данных. Ноль означает, что сжатие выключено. Для специального формата и формата каталога будут сжиматься файлы отдельных таблиц. По умолчанию применяется умеренный уровень сжатия. Если указать отличный от нулевого уровень сжатия для простого формата, то сжиматься будет весь выходной файл, как это было бы при передаче файла команде gzip. Однако по умолчанию для простого формата сжатие не производится. Формат `tar` в настоящий момент не поддерживает сжатие.

`--binary-upgrade`

Этот параметр предназначен для утилит обновления сервера. Использование для иных целей не рекомендуется и не поддерживается. Поведение параметра может быть изменено в последующих версиях без предварительного уведомления.

`--column-inserts`
`--attribute-inserts`

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` с явным указанием столбцов (`INSERT INTO` *`таблица`* `(`*`столбец`*`, ...) VALUES ...`). Скорость восстановления при этом значительно снизится, но данный вариант оправдан, когда загружать данные нужно не в PostgreSQL. При этом в случае каких-либо ошибок при загрузке данных будут потеряны только строки `INSERT`, где возникли ошибки, но не всё содержимое таблицы.

`--disable-dollar-quoting`

Этот параметр запрещает заключать в доллары тело функций, что оставляет возможность только заключать их в кавычки, применяя стандартный синтаксис SQL.

`--disable-triggers`

Используется при выгрузке одних данных. Указывает pg_dump включать в вывод команды для временного выключения триггеров при восстановлении в целевой базе данных. Применяется в ситуациях, когда существуют проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые необходимо выключить на время восстановления.

В настоящее время команды, генерируемые с параметром `--disable-triggers`, должны исполняться от имени суперпользователя. Таким образом, необходимо также передавать флаг `-S`, либо при восстановлении выполнять скрипт от имени суперпользователя.

Этот параметр игнорируется, когда данные выгружаются в архивных форматах (не в текстовом). Для таких форматов данный параметр можно указать при вызове `pg_restore`.

`--enable-row-security`

Этот параметр имеет смысл только при выгрузке содержимого таблицы, для которой включена защита строк. По умолчанию pg_dump устанавливает для row_security значение off, чтобы убедиться, что выгружаются все данные из таблицы. Если пользователь не имеет достаточных прав для обхода защиты строк, выдаётся ошибка. Этот параметр указывает pg_dump включить row_security, что позволит пользователю выгрузить часть содержимого таблицы, к которой он имеет доступ.

Заметьте, что в настоящее время для использования этого параметра обычно желательно, чтобы данные были выгружены в формате `INSERT`, так как команда `COPY FROM` в процессе восстановления не поддерживает защиту строк.

`--exclude-table-data=`*`шаблон`*

Не выгружать содержимое таблиц, соответствующих *`шаблону`*. Шаблон таблицы интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-t`. Параметр `--exclude-table-data` можно использовать в команде несколько раз для исключения таблиц, соответствующих нескольким шаблонам. Полезно, когда нужно получить определение таблицы, без содержимого.

Чтобы не выгружать содержимое всех таблиц базы, используйте параметр `--schema-only`.

`--extra-float-digits=`*`число_цифр`*

Выводить числа с плавающей точкой не с максимальной точностью, а с заданным значением `extra_float_digits`. При выгрузке данных в целях резервного копирования данный параметр использовать не следует.

`--if-exists`

Использовать команды `DROP ... IF EXISTS` для удаления объектов в режиме `--clean`. При этом возможные ошибки «does not exist» (не существует) не выводятся. Этот параметр недействителен без указания `--clean`.

`--include-foreign-data=`*`сторонний_сервер`*

Выгрузить данные всех сторонних таблиц со стороннего сервера, имя которого соответствует шаблону *`сторонний_сервер`*. Для выгрузки данных с нескольких сторонних серверов параметр `--include-foreign-data` можно использовать несколько раз. К тому же, значение *`сторонний_сервер`* интерпретируется как шаблон, согласно правилам, используемым командами `\d` утилиты psql (см. Шаблоны поиска ниже). Поэтому несколько сторонних серверов можно также выбрать, используя в шаблоне символы подстановки. Когда используются символы подстановки, шаблон лучше экранировать кавычками, чтобы командная оболочка ОС не интерпретировала их по-своему (см. Примеры ниже). Единственное отличие от вышеупомянутых правил — шаблон не может быть пустым.

> **Примечание**
>
> Использование знаков подстановки в `--include-foreign-data` может привести к доступу к неподходящим сторонним серверам. Кроме того, для безопасного использования этого параметра необходимо убедиться, что у указанного сервера есть доверенный владелец.

> **Примечание**
>
> Когда используется параметр `--include-foreign-data`, pg_dump не проверяет возможность записи в стороннюю таблицу. Таким образом, не гарантируется, что выгруженная сторонняя таблица может быть успешно восстановлена.

`--inserts`

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` вместо `COPY`. Скорость восстановления при этом значительно снизится, но данный вариант оправдан, когда загружать данные нужно не в PostgreSQL. При этом в случае каких-либо ошибок при загрузке данных будут потеряны только строки `INSERT`, где возникли ошибки, но не всё содержимое таблицы. Заметьте, что восстановление может провалиться полностью, если у таблицы изменён порядок столбцов. В такой ситуации можно использовать параметр `--column-inserts`, для которого порядок столбцов не важен, но он работает ещё медленнее.

`--load-via-partition-root`

При выгрузке данных для секции таблицы выводить команды `COPY` или `INSERT`, ссылающиеся на корневую таблицу в иерархии секционирования, а не на эту секцию. В результате при загрузке данных подходящая секция будет выбираться заново для каждой строки. Это может быть полезно при восстановлении данных, когда на целевом сервере строки не всегда попадают в те же секции, в которых они находились на исходном. Это возможно, например, когда столбец секционирования имеет текстовый тип и в двух системах по-разному определено правило сортировки, по которому упорядочивается этот столбец.

`--lock-wait-timeout=`*`время_ожидания`*

Не ждать бесконечно получения разделяемых блокировок таблиц в начале процедуры выгрузки. Вместо этого выдать ошибку, если не удастся заблокировать таблицы за указанное *`время_ожидания`*. Это время можно задать в любом из форматов, принимаемых командой `SET statement_timeout`. (Допустимые форматы зависят от версии сервера, выгружающего данные, но количество миллисекунд в виде целого числа принимают все версии.)

`--no-comments`

Не выгружать комментарии.

`--no-publications`

Не выгружать публикации.

`--no-security-labels`

Не выгружать метки безопасности.

`--no-subscriptions`

Не выгружать подписки.

`--no-sync`

По умолчанию `pg_dump` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_dump` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы выгруженные данные могут оказаться испорченными. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`--no-synchronized-snapshots`

Позволяет запускать `pg_dump -j` на серверах с версией ниже чем 9.2. Подробнее в описании параметра `-j`.

`--no-tablespaces`

Не формировать команды для указания табличных пространств. При восстановлении все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

Этот параметр игнорируется, когда данные выгружаются в архивных форматах (не в текстовом). Для таких форматов данный параметр можно указать при вызове `pg_restore`.

`--no-unlogged-table-data`

Не выгружать данные нежурналируемых таблиц. Параметр не влияет на выгрузку определений таблиц, он только подавляет вывод содержимого таблиц. С резервного сервера содержимое нежурналируемых таблиц не выгружается никогда.

`--on-conflict-do-nothing`

Добавить предложения `ON CONFLICT DO NOTHING` в команды `INSERT`. Это указание допускается только при выборе режима `--inserts`, `--column-inserts` или `--rows-per-insert`.

`--quote-all-identifiers`

Принудительно экранировать все идентификаторы. Этот параметр рекомендуется при выгрузке базы, когда основная версия сервера PostgreSQL, с которого выгружается база, отличается от версии pg_dump, или когда выгруженная копия предназначена для загрузки на сервере с другой основной версией. По умолчанию pg_dump экранирует только те идентификаторы, которые являются зарезервированными словами в собственной основной версии. Иногда это приводит к проблемам совместимости с серверами других версий, в которых множество зарезервированных слов может быть несколько другим. Применение параметра `--quote-all-identifiers` предотвращает подобные проблемы, ценой ухудшения читаемости скрипта с выгруженными данными.

`--restrict-key=`*`restrict_key`*

Использовать предоставленную строку в качестве ключа `\restrict` psql в выводе выгрузки. Задать это можно только для выгрузок в нетекстовом формате, например, если для параметра `--format` задано значение `plain` или параметра нет вовсе. Если ключ ограничения не указан, pg_dumpall сгенерирует случайный ключ. Ключи могут содержать только буквенные и цифровые символы.

Этот параметр в основном предназначен для целей тестирования и других сценариев, требующих повторяющегося создания вывода (например, для сравнения файлов выгрузки). Параметр не рекомендуется использовать в повседневной работе, поскольку, зная принципы функционирования ключа, злоумышленник может внедрить произвольный код, который будет выполнен на машине при помощи psql и вывода выгрузки.

`--rows-per-insert=`*`число_строк`*

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` вместо `COPY`. В данном параметре задаётся максимальное число строк для одной команды `INSERT`. Указанное в нём значение должно быть больше 0. При этом в случае каких-либо ошибок при загрузке данных будут потеряны только строки `INSERT`, где возникли ошибки, но не всё содержимое таблицы.

`--section=`*имя_секции*

Выгружать лишь указанную секцию. Имя секции может принимать значения `pre-data`, `data` или `post-data`. Для выгрузки нескольких секций, параметр можно использовать несколько раз в одной команде. По умолчанию резервируются все секции.

Секция `data` содержит непосредственно данные таблиц, больших объектов и значения последовательностей. Секция `post-data` содержит определения индексов, триггеров, правил и ограничений (кроме ограничений проверки, созданных без `NOT VALID`). Секция `pre-data` включает определения остальных элементов.

`--serializable-deferrable`

Использовать при выгрузке транзакцию с уровнем изоляции `serializable` для получения снимка, согласованного с последующими состояниями базы. Правда для этого нужно выждать момент, когда в потоке транзакций нет аномалий, и поэтому нет риска, что выгрузка завершится неудачно, и риска отката других транзакций с ошибкой `serialization_failure`. Более подробно изоляция транзакций и управление одновременным доступом описывается в Главе 13.

Параметр не особо полезен в случаях, когда требуется восстановление после сбоя. Он полезен для создания копии базы данных, в которой формируются отчёты и выполняются другие операции чтения, в то время как в основной базе продолжается обычная работа. Без этого параметра выгрузка может содержать не целостное состояние базы данных. Например, если используется пакетная обработка, статус пакета может отражаться как завершённый, в то время как в выгрузке будут не все элементы пакета.

Параметр не будет влиять на результат, если во время запуска pg_dump нет активных транзакций на чтение-запись. Если же активные транзакции чтения-записи есть, то начало выгрузки может быть отложено на неопределённый период времени. После того как выгрузка началась, производительность с этим ключом или без него будет одинаковой.

`--snapshot=`*имя_снимка*

Использовать заданный синхронный снимок при выгрузке данных из базы (за подробностями обратитесь к Таблице 9.88).

Этот параметр полезен, когда требуется синхронизировать выгружаемые данные со слотом логической репликации (см. Главу 48) или с другим одновременным сеансом.

В случае с параллельной выгрузкой будет использоваться имя снимка, определённое этим параметром; новый снимок не будет сделан.

`--strict-names`

Требует, чтобы каждому указанию схемы (`-n`/`--schema`) и таблицы (`-t`/`--table`) соответствовала минимум одна схема/таблица в выгружаемой базе данных. Заметьте, что если не находится вообще ни одной схемы/таблицы для заданных шаблонов, pg_dump выдаёт ошибку и без ключа `--strict-names`.

Этот параметр не действует на ключи `-N`/`--exclude-schema`, `-T`/`--exclude-table` или `--exclude-table-data`. Если не находятся объекты, соответствующие шаблонам исключения, это не считается ошибкой.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов. Кроме того, для использования `SET SESSION AUTHORIZATION` при восстановлении нужны права суперпользователя, в то время как `ALTER OWNER` требует меньших привилегий.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки pg_dump и завершиться.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *`имя_бд`*
`--dbname=`*`имя_бд`*

Указывает имя базы данных для подключения. Равнозначно указанию *`имя_бд`* в первом аргументе, не являющемся ключом, в командной строке. Вместо имени может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-h` *`сервер`*
`--host=`*`сервер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_dump запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_dump лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--role=`*`имя роли`*

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять выгрузку. Получив это имя, pg_dump выполнит `SET ROLE` *`имя_роли`* после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для pg_dump, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволяет выполнить выгрузку, не нарушая их.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGOPTIONS`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию.

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

pg_dump на низком уровне выполняет команды `SELECT`. Если есть проблемы с работой pg_dump, убедитесь, что в базе данных можно выполнить `SELECT`, например из psql. Также следует учитывать, что при этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека libpq.

Обычно действия pg_dump в базе данных отслеживаются сборщиком статистики. Если это нежелательно, то можно установить параметр `track_counts` в false в переменной окружения `PGOPTIONS` или в команде `ALTER USER`.

Примечания

Если в базу данных кластера `template1` устанавливались дополнительные объекты, то следует убедиться, что выгрузка pg_dump загружается в пустую базу данных. Иначе существует вероятность возникновения ошибок дублирования создаваемых объектов. Чтобы создать пустую базу данных, копируйте её из шаблона `template0`, вместо `template1`, например:

```
CREATE DATABASE foo WITH TEMPLATE template0;
```

Если выгружаются только данные с одновременным использованием `--disable-triggers`, pg_dump сформирует команды для выключения табличных триггеров перед вставкой данных, а после них — команды, включающие триггеры обратно. Если восстановление будет прервано в середине процесса, системный каталог может остаться в неверном состоянии.

Сформированный pg_dump файл не содержит статистики, которую использует планировщик для принятия решений при планировании запросов. Поэтому после восстановления разумно будет выполнить `ANALYZE` для достижения оптимальной производительности; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6.

Так как pg_dump применяется для переноса данных в новые версии PostgreSQL, предполагается, что вывод pg_dump можно загрузить на сервер PostgreSQL более новой версии, чем версия pg_dump. pg_dump может также выгружать данные серверов PostgreSQL более старых версий, чем его собственная. (В настоящее время поддерживаются версии, начиная с 8.0.) Однако утилита pg_dump не может выгружать данные с серверов PostgreSQL более новых основных версий; она не будет даже пытаться делать это, во избежание некорректной выгрузки. Также не гарантируется, что вывод pg_dump может быть загружен на сервере более старой основной версии — даже если данные были выгружены с сервера той же версии. Для загрузки такого файла на старом сервере может потребоваться вручную исправить в нём синтаксис, не воспринимаемый старой версией. Имея дело с разными версиями, рекомендуется применять параметр `--quote-all-identifiers`, так как он может предотвратить проблемы, возникающие при изменении множества зарезервированных слов в разных версиях PostgreSQL.

Выгружая подписки на логическую репликацию, pg_dump будет выдавать команды `CREATE SUBSCRIPTION` с указанием `connect = false`, так что при восстановлении подписки не будут устанавливаться удалённые подключения для создания слота репликации или для начального копирования таблиц. Таким образом, выгруженные данные могут быть восстановлены без сетевого доступа к удалённым серверам. Вновь активировать подписки должным образом — задача пользователя. Если задействованные серверы поменялись, возможно, придётся скорректировать строки подключения. Также может быть уместно опустошить целевые таблицы перед началом полного копирования таблиц.

Обычно рекомендуется использовать параметр `-X` (`--no-psqlrc`) при восстановлении базы данных из текстового скрипта pg_dump, чтобы обеспечить чистый процесс восстановления и избежать потенциальных конфликтов с нестандартными конфигурациями psql.

Примеры

Выгрузка базы данных `mydb` в файл SQL-скрипта:

```
$ pg_dump mydb > db.sql
```

Восстановление из ранее полученного скрипта в чистую базу `newdb`:

```
$ psql -X -d newdb -f db.sql
```

Выгрузка базы данных в специальном формате:

```
$ pg_dump -Fc mydb > db.dump
```

Выгрузка базы данных в формате каталога:

```
$ pg_dump -Fd mydb -f dumpdir
```

Выгрузка базы данных в формате каталога в 5 параллельных потоков:

```
$ pg_dump -Fd mydb -j 5 -f dumpdir
```

Восстановление из архива в чистую новую базу данных `newdb`:

```
$ pg_restore -d newdb db.dump
```

Восстановление архива в ту же базу данных, из которой он был выгружен, с предварительным удалением текущего содержимого этой базы данных:

```
$ pg_restore -d postgres --clean --create db.dump
```

Выгрузка отдельной таблицы `mytab`:

```
$ pg_dump -t mytab mydb > db.sql
```

Выгрузка всех таблиц, имена которых начинаются с `emp` и которые принадлежат схеме `detroit`, кроме таблицы `employee_log`:

```
$ pg_dump -t 'detroit.emp*' -T detroit.employee_log mydb > db.sql
```

Выгрузка всех схем, имена которых начинаются с `east` или `west`, заканчиваются на `gsm` и не содержат `test`:

```
$ pg_dump -n 'east*gsm' -n 'west*gsm' -N '*test*' mydb > db.sql
```

То же самое, но с использованием регулярного выражения:

```
$ pg_dump -n '(east|west)*gsm' -N '*test*' mydb > db.sql
```

Выгрузка всех объектов базы данных, кроме таблиц, имена которых начинаются с `ts_`:

```
$ pg_dump -T 'ts_*' mydb > db.sql
```

Чтобы указать имя в верхнем или смешанном регистре в ключе -t и связанных с ним, это имя нужно заключить в кавычки; иначе оно будет приведено к нижнему регистру (см. Шаблоны поиска ниже). Но кавычки являются спецсимволом для оболочки, поэтому и они, в свою очередь, должны заключаться в кавычки. Так, чтобы выгрузить одну таблицу с именем в смешанном регистре, нужно написать примерно следующее:

```
$ pg_dump -t "\"MixedCaseName\"" mydb > mytab.sql
```

См. также

pg_dumpall, pg_restore, psql

pg_dumpall

pg_dumpall — выгрузить кластер баз данных PostgreSQL в формате скрипта

Синтаксис

`pg_dumpall` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...]

Описание

Утилита pg_dumpall предназначена для записи («выгрузки») всех баз данных кластера PostgreSQL в один файл в формате скрипта. Этот файл содержит команды SQL, так что передав его на вход psql, можно восстановить все базы данных. Для формирования этого файла вызывается pg_dump для каждой базы данных в кластере. pg_dumpall также выгружает глобальные объекты, общие для всех баз данных, то есть роли и табличные пространства. (Программа pg_dump не сохраняет эти объекты.)

Так как утилита pg_dumpall читает таблицы из всех баз данных, для получения полного содержимого баз запускать её, как правило, нужно от имени суперпользователя. Также права суперпользователя требуются при последующем выполнении сохранённого скрипта, чтобы он смог добавить роли и создать базы данных.

Генерируемый SQL-скрипт записывается в стандартное устройство вывода. Чтобы перенаправить его в файл, воспользуйтесь параметром `-f`/`--file` или операторами оболочки.

Утилите pg_dumpall требуется подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз (к каждой базе по отдельности). Если вы проходите проверку подлинности по паролю, вам придётся каждый раз вводить пароль. Чтобы избежать этого, удобно иметь файл `~/.pgpass`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.15.

> **Предупреждение**
>
> При восстановлении выгрузки в целевой точке выполняется произвольный код по выбору суперпользователей исходной точки. Для частичных выгрузок и частичных восстановлений такого ограничения нет. Если суперпользователи исходной точки не являются доверенными, выгружаемые команды SQL нужно проверять перед восстановлением. Обратите внимание, что клиенту, выполняющий выгрузку и восстановление, не нужно доверять суперпользователям исходной или целевой точки.

Параметры

Параметры командной строки для управления содержимым и форматом вывода.

`-a`
`--data-only`

Выгружать только данные, без схемы (определений данных).

`-c`
`--clean`

Выводить SQL-команды для `DROP` всех выгруженных баз данных, ролей и табличных пространств перед их воссозданием. Этот параметр полезен, когда при восстановлении необходимо перезаписать существующий кластер. Без дополнительного указания `--if-exists` при этом могут выдаваться безвредные сообщения об ошибках, если таких объектов не окажется в целевой базе данных.

`-E` *`кодировка`*
`--encoding=`*`кодировка`*

Создать копию в заданной кодировке. По умолчанию копия создаётся в кодировке базы данных. (Другой способ достичь того же результата — задать желаемую кодировку в переменной окружения `PGCLIENTENCODING`.)

`-f` *`имя_файла`*
`--file=`*`имя_файла`*

Направить вывод в указанный файл. Если этот параметр опущен, скрипт записывается в стандартный вывод.

`-g`
`--globals-only`

Выгружать только глобальные объекты (роли и табличные пространства), без баз данных.

`-O`
`--no-owner`

Не генерировать команды, устанавливающие владение объектами, как в исходной базе данных. По умолчанию, pg_dumpall генерирует команды `ALTER OWNER` или `SET SESSION AUTHORIZATION`, восстанавливающие исходных владельцев для создаваемых элементов схемы. Однако выполнить эти команды сможет только суперпользователь (или пользователь, владеющий всеми объектами, создаваемыми скриптом). Чтобы получить скрипт, который сможет восстановить любой пользователь (но при этом он станет владельцем всех объектов), используется `-O`.

`-r`
`--roles-only`

Выгружать только роли, без баз данных и табличных пространств.

`-s`
`--schema-only`

Выгружать только определения объектов (схемы), без данных.

`-S` *`имя_пользователя`*
`--superuser=`*`имя_пользователя`*

Указать суперпользователя, который будет использоваться для отключения триггеров. Параметр имеет значение только вместе с `--disable-triggers`. Обычно его лучше не использовать, а запускать полученный скрипт от имени суперпользователя.

`-t`
`--tablespaces-only`

Выгружать только табличные пространства, без баз данных и ролей.

`-v`
`--verbose`

Включить режим подробных сообщений. В этом режиме pg_dumpall записывает в выходной файл время начала/завершения выгрузки, а в стандартный поток ошибок — сообщения о процессе. При этом подробные сообщения будет также выводить pg_dump.

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_dumpall и завершиться.

`-x`
`--no-privileges`
`--no-acl`

Не выгружать права доступа (команды GRANT/REVOKE).

`--binary-upgrade`

Этот параметр предназначен для утилит обновления сервера. Использование для иных целей не рекомендуется и не поддерживается. Поведение параметра может быть изменено в последующих версиях без предварительного уведомления.

`--column-inserts`
`--attribute-inserts`

Выгружать данные в виде команд `INSERT` с явно задаваемыми именами столбцов (`INSERT INTO` *`таблица`* `(`*`столбец`*`, ...) VALUES ...`). При этом восстановление будет очень медленным; в основном это применяется для выгрузки данных, которые затем будут загружаться не в PostgreSQL.

`--disable-dollar-quoting`

Этот параметр запрещает заключать в доллары тело функций, что оставляет возможность только заключать их в кавычки, применяя стандартный синтаксис SQL.

`--disable-triggers`

Этот параметр действует только при выгрузке одних данных. С ним pg_dumpall добавляет команды, отключающие триггеры в целевых таблицах на время загрузки данных. Используйте его, если в ваших таблицах определены проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые вы не хотели бы выполнять в процессе загрузки данных.

В настоящее время команды, генерируемые с параметром `--disable-triggers`, должны исполняться от имени суперпользователя. Таким образом, необходимо также передавать флаг `-S`, либо при восстановлении выполнять скрипт от имени суперпользователя.

`--exclude-database=`*`шаблон`*

Не выгружать базы данных, имена которых соответствуют *`шаблону`*. Исключить имена по нескольким шаблонам можно, добавив несколько ключей `--exclude-database`. Параметр *`шаблон`* в данном аргументе обрабатывается по тем же правилам, что и в командах psql `\d` (см. Шаблоны поиска ниже), что позволяет также исключить несколько баз данных, добавив в шаблон звёздочку. Используя звёздочку, заключайте шаблон в кавычки, если звёздочка может быть развёрнута оболочкой.

`--extra-float-digits=`*`число_цифр`*

Выводить числа с плавающей точкой не с максимальной точностью, а с заданным значением extra_float_digits. При выгрузке данных в целях резервного копирования данный параметр использовать не следует.

`--if-exists`

Использовать команды `DROP ... IF EXISTS` для удаления объектов в режиме `--clean`. При этом возможные ошибки «does not exist» (не существует) не выводятся. Этот параметр недействителен без указания `--clean`.

`--inserts`

Выгружать данные в виде команд `INSERT`, а не `COPY`. При этом восстановление значительно замедлится; в основном это применяется для выгрузки данных, которые затем будут загружаться не в PostgreSQL. Заметьте, что восстановление может вовсе не выполниться при изменении порядка столбцов в таблицах. В этом смысле параметр `--column-inserts` безопаснее, но восстановление будет ещё медленнее.

`--load-via-partition-root`

При выгрузке данных для секции таблицы выводить команды `COPY` или `INSERT`, ссылающиеся на корневую таблицу в иерархии секционирования, а не на эту секцию. В результате при загрузке данных подходящая секция будет выбираться заново для каждой строки. Это может быть полезно при восстановлении данных, когда на целевом сервере строки не всегда попадают в те же секции, в которых они находились на исходном. Это возможно, например, когда столбец секционирования имеет текстовый тип и в двух системах по-разному определено правило сортировки, по которому упорядочивается этот столбец.

`--lock-wait-timeout=`*`время_ожидания`*

Не ждать бесконечно получения разделяемых блокировок таблиц в начале процедуры выгрузки. Вместо этого выдать ошибку, если не удастся заблокировать таблицы за указанное *время_ожидания*. Это время можно задать в любом из форматов, принимаемых командой `SET statement_timeout`. Допустимые значения зависят от версии сервера, выгружающего данные, но количество миллисекунд в виде целого числа принимают все версии, начиная с 7.3. Более ранние версии игнорируют этот параметр.

`--no-comments`

Не выгружать комментарии.

`--no-publications`

Не выгружать публикации.

`--no-role-passwords`

Не выгружать пароли ролей. При восстановлении все роли получат пароль NULL и не смогут пройти проверку подлинности, пока им не будут назначены пароли. Так как значения паролей не нужны, когда используется это указание, информация о ролях считывается из системного представления `pg_roles`, а не из `pg_authid`. Таким образом, данный вариант может быть также полезен, если доступ к `pg_authid` ограничен политикой безопасности.

`--no-security-labels`

Не выгружать метки безопасности.

`--no-subscriptions`

Не выгружать подписки.

`--no-sync`

По умолчанию `pg_dumpall` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_dumpall` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы выгруженные данные могут оказаться испорченными. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`--no-tablespaces`

Не выводить команды, создающие или выбирающие табличные пространства для объектов. С этим параметром все объекты будут созданы в пространстве по умолчанию, установленном во время восстановления.

`--no-unlogged-table-data`

Не выгружать содержимое нежурналируемых таблиц. Этот параметр не влияет на то, как выгружаются определения этих таблиц (схема); он отключает только выгрузку данных из них.

`--on-conflict-do-nothing`

Добавить предложения `ON CONFLICT DO NOTHING` в команды `INSERT`. Это указание допускается только при выборе режима `--inserts` или `--column-inserts`.

`--quote-all-identifiers`

Принудительно экранировать все идентификаторы. Этот параметр рекомендуется при выгрузке базы, когда основная версия сервера PostgreSQL, с которого выгружается база, отличается от версии pg_dumpall, или когда выгруженная копия предназначена для загрузки на сервере с другой основной версией. По умолчанию pg_dumpall экранирует только те идентификаторы, которые являются зарезервированными словами в собственной основной версии. Иногда это приводит к проблемам совместимости с серверами других версий, в которых множество зарезервированных слов может быть несколько другим. Применение параметра `--quote-all-identifiers` предотвращает подобные проблемы, ценой ухудшения читаемости скрипта с выгруженными данными.

`--restrict-key=`*`restrict_key`*

Использовать предоставленную строку в качестве ключа `\restrict` psql в выводе выгрузки. Если ключ ограничения не указан, pg_dumpall сгенерирует случайный ключ. Ключи могут содержать только буквенные и цифровые символы.

Этот параметр в основном предназначен для целей тестирования и других сценариев, требующих повторяющегося создания вывода (например, для сравнения файлов выгрузки). Параметр не рекомендуется использовать в повседневной работе, поскольку, зная принципы функционирования ключа, злоумышленник может внедрить произвольный код, который будет выполнен на машине при помощи psql и вывода выгрузки.

`--rows-per-insert=`*`число_строк`*

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` вместо `COPY`. В данном параметре задаётся максимальное число строк для одной команды `INSERT`. Указанное в нём значение должно быть больше 0. При этом в случае каких-либо ошибок при восстановлении данных будут потеряны только строки `INSERT`, где возникли ошибки, но не всё содержимое таблицы.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки pg_dumpall и завершиться.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *`строка_подключения`*
`--dbname=`*`строка_подключения`*

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения; они будут переопределять любые одноимённые параметры, заданные в командной строке.

Этот параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как pg_dumpall подключается не к одной базе данных, имя базы в строке подключения игнорируется. Чтобы указать имя базы данных для начального подключения, которое будет использоваться для выгрузки глобальных объектов и обнаружения других выгружаемых баз, воспользуйтесь параметром `-l`.

`-h` *`сервер`*
`--host=`*`сервер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер баз данных. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-l` *имя_бд*
`--database=`*имя_бд*

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут выгружаться глобальные объекты и находиться другие выгружаемые базы. По умолчанию используется база `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_dumpall запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_dumpall лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Заметьте, что пароль будет запрашиваться повторно для выгрузки каждой базы данных. Поэтому обычно лучше настроить файл `~/.pgpass`, и не вводить пароль каждый раз вручную.

`--role=`*имя роли*

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять выгрузку. Получив это имя, pg_dumpall выполнит `SET ROLE` *имя_роли* после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для pg_dumpall, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволяет выполнить выгрузку, не нарушая их.

Переменные окружения

`PGHOST`
`PGOPTIONS`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Примечания

Так как pg_dumpall внутри себя вызывает pg_dump, часть диагностических сообщений будет относиться к pg_dump.

Ключ `--clean` может быть полезен, даже если вы намереваетесь восстановить копию из скрипта в новом кластере. С `--clean` скрипт сможет удалить и пересоздать встроенные базы данных `postgres` и `template1`, так что они получат свойства, которые имели одноимённые базы в исходном кластере (например, локаль и кодировку). Без данного ключа эти базы сохранят свои свойства уровня базы данных, а также всё существующее содержимое.

После восстановления имеет смысл запустить `ANALYZE` для каждой базы данных, чтобы оптимизатор получил актуальную статистику. Также можно запустить анализ для всех баз данных, выполнив команду `vacuumdb -a -z`.

Не следует ожидать, что скрипт выгрузки будет выполняться абсолютно без ошибок. В частности, так как он будет содержать `CREATE ROLE` для каждой существующей в исходном кластере роли, при попытке создать суперпользователя определённо произойдёт ошибка «role already exists» (роль уже существует), если только целевой кластер был инициализирован не с другим начальным именем суперпользователя. Эта ошибка некритична и её следует просто игнорировать. С ключом `--clean` весьма вероятны другие незначительные сообщения об ошибках, связанные с несуществующими объектами; их число можно минимизировать, добавив ключ `--if-exists`.

При использовании pg_dumpall требуется, чтобы все необходимые каталоги табличных пространств существовали до восстановления; в противном случае создание баз данных в нестандартном размещении завершится ошибкой.

Обычно рекомендуется использовать параметр `-X` (`--no-psqlrc`) при восстановлении базы данных из скрипта pg_dumpall, чтобы обеспечить чистый процесс восстановления и избежать потенциальных конфликтов с нестандартными конфигурациями psql. Кроме того, поскольку скрипт pg_dumpall может содержать метакоманды psql, он может быть несовместим с клиентами, отличными от psql.

Примеры

Выгрузка всех баз данных:

```
$ pg_dumpall > db.out
```

Восстановить базы данных из этого файла можно так:

```
$ psql -X -f db.out -d postgres
```

К какой базе вы подключаетесь, в принципе, не имеет значения, так как скрипт, созданный утилитой pg_dumpall, будет содержать все команды, требующиеся для создания сохранённых баз данных и подключения к ним. Однако это важно, если применяется ключ `--clean` — тогда вы должны изначально подключиться к базе `postgres`; скрипт попытается прежде всего удалить остальные базы данных, но не сможет этого сделать для базы, к которой вы подключены.

См. также

Обратитесь к описанию pg_dump, чтобы узнать об условиях, при которых могут возникнуть проблемы.

pg_isready

pg_isready — проверить соединение с сервером PostgreSQL

Синтаксис

`pg_isready` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...]

Описание

Утилита pg_isready предназначена для проверки соединения с сервером баз данных PostgreSQL. Результат проверки передаётся в коде завершения.

Параметры

`-d` *`dbname`*
`--dbname=`*`dbname`*

Указывает имя базы данных для подключения. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-h` *`компьютер`*
`--host=`*`компьютер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной среды `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции, обычно 5432.

`-q`
`--quiet`

Не выводить сообщение о состоянии. Это полезно в скриптах.

`-t` *`секунды`*
`--timeout=`*`секунды`*

Максимальное время ожидания (в секундах) при попытке подключения, по истечении которого констатируется, что сервер не отвечает. Значение по умолчанию — 3 секунды.

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Подключиться к базе данных с заданным именем пользователя вместо подразумеваемого по умолчанию.

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_isready и завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки pg_isready и завершиться.

Код завершения

Утилита pg_isready возвращает в оболочку `0`, если сервер принимает подключения, `1`, если он сбрасывает подключения (например, во время загрузки), `2`, если при попытке подключения не получен ответ, и `3`, если попытки подключения не было (например, из-за некорректных параметров).

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, `pg_isready` также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Чтобы получить состояние сервера, передавать имя пользователя, пароль и имя базы данных не требуется; но если передать некорректные значения, сервер выведет в журнал сообщение о неудачной попытке подключения.

Примеры

Обычное использование:

```
$ pg_isready
/tmp:5432 - accepting connections
$ echo $?
0
```

Запуск с параметрами подключения, во время загрузки кластера PostgreSQL:

```
$ pg_isready -h localhost -p 5433
localhost:5433 - rejecting connections
$ echo $?
1
```

Запуск с параметрами подключения, в случае, когда кластер PostgreSQL недоступен:

```
$ pg_isready -h someremotehost
someremotehost:5432 - no response
$ echo $?
2
```

pg_receivewal

pg_receivewal — принимать журналы предзаписи с сервера PostgreSQL

Синтаксис

`pg_receivewal` [*параметр*...]

Описание

Утилита pg_receivewal предназначена для приёма журнала предзаписи от работающего кластера PostgreSQL. Журнал предзаписи передаётся по протоколу потоковой репликации и записывается в локальный каталог. Затем этот каталог можно использовать в качестве архива для восстановления состояния на момент времени (см. Раздел 25.3).

pg_receivewal принимает журнал предзаписи в реальном времени по мере того, как он генерируется на сервере, и не ждёт завершения сегментов, как это делает archive_command. Поэтому pg_receivewal можно использовать, не устанавливая archive_timeout.

В отличие от приёмника WAL, работающего на ведомом сервере PostgreSQL, pg_receivewal по умолчанию сохраняет на диск данные WAL, только когда файл WAL закрывается. Для сохранения данных WAL в реальном времени необходимо использовать ключ `--synchronous`. Так как приёмник pg_receivewal не применяет WAL, важно не допустить, чтобы он стал синхронным ведомым сервером, когда параметр synchronous_commit равен `remote_apply`. Если это произойдёт, он будет выглядеть как ведомый, который никогда не может нагнать ведущего, что приведёт к блокированию фиксации транзакций. Чтобы это предотвратить, нужно либо установить подходящее значение параметра synchronous_standby_names, либо задать для pg_receivewal такое имя приложения (`application_name`), которое не соответствует установленному имени, либо выбрать для `synchronous_commit` значение, отличное от `remote_apply`.

Журнал предзаписи передаётся через обычное подключение к PostgreSQL, с использованием протокола репликации. Подключение должен устанавливать пользователь с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2) или суперпользователь, а в `pg_hba.conf` должно разрешаться подключение для репликации. Кроме того, параметр max_wal_senders на сервере должен быть достаточно большим, чтобы можно было создать ещё один сеанс для передачи потока.

Начальная точка передачи журнала предзаписи вычисляется при запуске pg_receivewal так:

1. Сначала сканируется каталог, в который помещаются файлы сегментов WAL, в нём выбирается последний завершённый файл сегмента, и начальной точкой считается начало следующего файла сегмента WAL.
2. Если вычислить начальную точку предыдущим способом не удаётся, используется последняя позиция сохранённых данных в WAL, которую выдаёт команда `IDENTIFY_SYSTEM`.

Если подключение разорвалось или его с самого начала не удаётся установить из-за некритической ошибки, pg_receivewal будет бесконечно повторять попытки подключения и восстановит передачу, как только сможет. Чтобы отменить это поведение, воспользуйтесь параметром `-n`.

В отсутствие критичных ошибок pg_receivewal будет выполняться до прерывания сигналом SIGINT (**Control**+**C**).

Параметры

`-D` *`каталог`*
`--directory=`*`каталог`*

Каталог, в который будут записываться данные.

Этот параметр является обязательным.

`-E lsn`
`--endpos=lsn`

Автоматически прекратить репликацию и завершить работу с кодом выхода 0 (без ошибки) при достижении заданного LSN.

Если будет получена запись с LSN, равным заданному *lsn*, она будет обработана.

`--if-not-exists`

Не выдавать ошибку, когда указан параметр `--create-slot` и слот с заданным именем уже существует.

`-n`
`--no-loop`

Не повторять цикл при ошибках подключения, а сразу завершать работу, возвращая ошибку.

`--no-sync`

С этим ключом `pg_receivewal` не будет принудительно сбрасывать данные WAL на диск. Этот вариант быстрее, но при последующем сбое операционной системы сегменты WAL могут оказаться испорченными. Обычно этот ключ полезен при тестировании, но при создании архива WAL в производственной среде использовать его не следует.

Этот ключ несовместим с `--synchronous`.

`-s интервал`
`--status-interval=интервал`

Указывает интервал в секундах между отправками серверу пакетов состояния. Это позволяет упростить мониторинг прогресса. Чтобы выключить периодическое обновление состояния, необходимо установить значение в ноль. При этом обновление будет отправляться по запросу сервера для избежания отсоединения по истечению времени. Значение по умолчанию составляет 10 секунд.

`-S имя_слота`
`--slot=имя_слота`

Указывает pg_receivewal использовать существующий слот репликации (см. Подраздел 26.2.6). Когда задан этот параметр, pg_receivewal будет сообщать серверу текущую позицию сохранения, отмечая, какой сегмент был сохранён на диске, чтобы сервер мог удалить этот сегмент, если он больше не нужен.

Когда клиент репликации pg_receivewal настроен на сервере как синхронный ведомый сервер, для используемого слота репликации серверу будет передаваться позиция сохранённых данных, но только когда файл WAL закрывается. Таким образом, в такой конфигурации транзакции на ведущем сервере будут ожидать завершения продолжительное время и по сути будут работать неудовлетворительно. Чтобы эта конфигурация работала корректно, нужно дополнительно указать параметр `--synchronous` (см. ниже).

`--synchronous`

Сохранять данные WAL на диск сразу после того, как они были получены. Также передавать пакет состояния сразу после сохранения, вне зависимости от `--status-interval`.

Этот параметр следует указывать, если клиент репликации pg_receivewal настроен на сервере как синхронный ведомый, чтобы обеспечить своевременную передачу ответа серверу.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

`-Z` *уровень*
`--compress=`*уровень*

Включает gzip-сжатие журналов предзаписи и задаёт уровень сжатия от 0 (без сжатия) до 9 (максимальное сжатие). При этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *строка_подключения*
`--dbname=`*строка_подключения*

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения; они будут переопределять любые одноимённые параметры, заданные в командной строке.

Параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как pg_receivewal не подключается к какой-либо конкретной базе, это имя в строке подключения игнорируется.

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_receivewal запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_receivewal лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

pg_receivewal может выполнить одно из двух действий в отношении слотов физической репликации:

`--create-slot`

Создать слот физической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

`--drop-slot`

Удалить слот репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

Другие флаги:

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_receivewal и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку по аргументам командной строки pg_receivewal и завершиться.

Код завершения

pg_receivewal завершится с кодом 0 при прерывании сигналом SIGINT. (Это штатный способ его завершения, поэтому получение этого сигнала не считается ошибкой.) При критических ошибках или получении других сигналов код завершения будет ненулевым.

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Применяя pg_receivewal вместо archive_command в качестве основного способа резервного копирования WAL, настоятельно рекомендуется использовать слоты репликации. В противном случае сервер вполне может переписать или удалить файлы журнала предзаписи, прежде чем они будут скопированы, так как он не получает никакой информации, через archive_command или слоты репликации, о том, как проходит архивация потока WAL. Учтите, однако, что при использовании слота репликации может заполниться всё место на диске, если принимающая сторона не будет успевать принимать данные WAL.

pg_receivewal сохранит разрешения для группы в полученных файлах WAL, если такие разрешения установлены в исходном кластере.

Примеры

Следующая команда принимает журнал предзаписи с сервера `mydbserver` и сохраняет его в локальном каталоге `/usr/local/pgsql/archive`:

```
$ pg_receivewal -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/archive
```

См. также

pg_basebackup

pg_recvlogical

pg_recvlogical — управлять потоками логического декодирования PostgreSQL

Синтаксис

`pg_recvlogical` [*параметр*...]

Описание

Утилита `pg_recvlogical` управляет слотами логического декодирования и принимает данные из таких слотов репликации.

Она создаёт соединение в режиме репликации, так что на него распространяются те же ограничения, что и с pg_receivewal, плюс ограничения логической репликации (см. Главу 48).

`pg_recvlogical` не предоставляет возможностей, соответствующих режимам peek и get в SQL-интерфейсе логического декодирования. Она передаёт серверу подтверждения воспроизведения данных по мере их получения и при штатном выходе. Чтобы просмотреть данные, ожидающие передачи через слот, не принимая их, воспользуйтесь функцией `pg_logical_slot_peek_changes`.

Когда утилита pg_recvlogical получает сигнал SIGHUP, она закрывает текущий выходной файл и открывает новый с именем файла, переданным с параметром `--file`. Таким образом обеспечивается ротация выходного файла сначала за счёт переименовывания текущего файла, а затем за счёт отправки сигнала SIGHUP утилите pg_recvlogical.

Параметры

Для выбора действия необходимо указать минимум один из этих параметров:

`--create-slot`

Создать новый слот логической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, используя модуль вывода, заданный аргументом `--plugin`, для базы данных, указанной в `--dbname`.

`--drop-slot`

Удалить слот репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

`--start`

Начать приём потока изменений из слота логической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и продолжать до сигнала прерывания. Если передача потока прерывается на другой стороне из-за выключения или остановки сервера, цикл подключения и передачи повторяется (если не добавлен параметр `--no-loop`).

Формат потока определяется модулем вывода, выбранным при создании слота.

Для получения потока подключаться нужно к той же базе, для которой создавался слот.

Параметры `--create-slot` и `--start` исключают друг друга. Действие `--drop-slot` несовместимо с любыми другими действиями.

Следующие параметры командной строки управляют расположением и форматом выводимых данных, а также другим поведением репликации:

`-E` *lsn*
`--endpos=`*lsn*

В режиме `--start` автоматически закончить репликацию и выйти с кодом обычного завершения 0, когда при приёме данных достигается указанный LSN. Если этот ключ указывается не в режиме `--start`, выдаётся ошибка.

Если встречается запись с LSN, в точности равным *lsn*, эта запись будет выведена.

С указанием `--endpos` границы транзакций не отслеживаются, так что вывод программы может оказаться обрезанным посередине транзакции. Частично полученная транзакция не будет считаться принятой и будет воспроизведена заново при следующем чтении из этого слота. Отдельные сообщения не обрезаются никогда.

`-f` *имя_файла*
`--file=`*имя_файла*

Записывать полученные и декодированные данные транзакций в указанный файл. Для вывода в stdout укажите - (минус).

`-F` *секунды*
`--fsync-interval=`*секунды*

Устанавливает, как часто pg_recvlogical будет вызывать `fsync()`, чтобы гарантировать, что выходной файл надёжно сохранён на диске.

Сервер время от времени даёт клиенту команду сохранить данные и сообщить сохранённую позицию, но этот параметр позволяет выполнять сохранение чаще.

При значении, равном `0`, функция `fsync()` вообще не вызывается, но серверу сообщается новая позиция. Это может привести к потере данных в случае сбоя.

`-I` *lsn*
`--startpos=`*lsn*

В режиме `--start` репликация начнётся с данного LSN. Как это работает, подробно описывается в Главе 48 и Разделе 52.4. В других режимах игнорируется.

`--if-not-exists`

Не выдавать ошибку, когда указан параметр `--create-slot` и слот с заданным именем уже существует.

`-n`
`--no-loop`

Когда подключение к серверу потеряно, не повторять цикл, просто завершить работу.

`-o` *имя*`[=`*значение*`]`
`--option=`*имя*`[=`*значение*`]`

Передаёт параметр *имя_параметра* модулю вывода, при этом может быть передано и его *значение*. Набор параметров и их действия зависят от выбранного модуля вывода.

`-P` *модуль*
`--plugin=`*модуль*

Использовать указанный модуль вывода логического декодирования при создании слота. См. Главу 48. Этот параметр не действует, если слот уже существует.

`-s` *секунды*
`--status-interval=`*секунды*

Этот параметр действует так же, как одноимённый параметр pg_receivewal (см. его описание там).

`-S` *имя_слота*
`--slot=`*имя_слота*

Этот параметр задаёт имя слота логической репликации, который будет использоваться в режиме `--start`, создаваться в режиме `--create-slot` или удаляться в режиме `--drop-slot`.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *имя_бд*
`--dbname=`*имя_бд*

Имя базы данных для подключения. Как именно используется данная база, рассказывается в описании действий программы. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке. По умолчанию в качестве имени базы выбирается имя пользователя.

`-h` *имя_компьютера-или-ip*
`--host=`*имя_компьютера-или-ip*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U` *user*
`--username=`*user*

Имя пользователя для подключения. По умолчанию это имя текущего пользователя операционной системы.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_recvlogical запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_recvlogical лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Также есть следующие дополнительные параметры:

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_recvlogical и завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки pg_recvlogical и завершиться.

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

pg_recvlogical сохранит разрешения для группы в полученных файлах WAL, если такие разрешения установлены в исходном кластере.

Примеры

Примеры использования можно найти в Разделе 48.1.

См. также

pg_receivewal

pg_restore

pg_restore — восстановить базу данных PostgreSQL из файла архива, созданного командой pg_dump

Синтаксис

`pg_restore` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [*имя_файла*]

Описание

Утилита pg_restore предназначена для восстановления базы данных PostgreSQL из архива, созданного командой pg_dump в любом из не текстовых форматов. Она выполняет команды, необходимые для восстановления того состояния базы данных, в котором база была сохранена. При наличии файлов архивов, pg_restore может восстанавливать данные избирательно или даже переупорядочить объекты перед восстановлением. Заметьте, что разработанный для файлов архива формат не привязан к архитектуре.

Утилита pg_restore может работать в двух режимах. Если указывается имя базы данных, pg_restore подключается к этой базе данных и восстанавливает содержимое архива непосредственно в неё. В противном случае создаётся SQL-скрипт с командами, необходимыми для пересоздания базы данных, который затем выводится в файл или в стандартное устройство вывода. Сформированный скрипт будет в точности соответствовать выводу pg_dump в простом текстовом формате. Поэтому некоторые из параметров, управляющих выводом, аналогичны параметрам pg_dump.

Разумеется, pg_restore может восстановить информацию, только если она присутствует в файле архива, и только в существующем виде. Например, если архив был создан с указанием «выгрузить данные в виде команд `INSERT`», pg_restore не сможет загрузить эти данные, используя операторы `COPY`.

> **Предупреждение**
>
> При восстановлении выгрузки в целевой точке выполняется произвольный код по выбору суперпользователей исходной точки. Для частичных выгрузок и частичных восстановлений такого ограничения нет. Если суперпользователи исходной точки не являются доверенными, выгружаемые команды SQL нужно проверять перед восстановлением. Выгрузки в нетекстовом формате можно проверить через параметр `--file` pg_restore. Обратите внимание, что клиенту, выполняющий выгрузку и восстановление, не нужно доверять суперпользователям исходной или целевой точки.

Параметры

Утилита pg_restore принимает следующие аргументы командной строки.

имя_файла

Указывает расположение восстанавливаемого файла архива (или каталога, для архива в формате каталога). По умолчанию используется устройство стандартного ввода.

`-a`
`--data-only`

Восстанавливать только данные, без схемы (определений данных). При этом восстанавливаются данные таблиц, большие объекты и значения последовательностей, имеющиеся в архиве.

Флаг похож на `--section=data`, но по историческим причинам не равнозначен ему.

`-c`
`--clean`

Прежде чем восстанавливать объекты базы данных, выполните команды `DROP` для всех восстанавливаемых объектов. Этот параметр полезен для перезаписи существующей базы данных. Без дополнительного указания `--if-exists` при этом могут выдаваться безвредные сообщения об ошибках, если таких объектов не окажется в целевой базе данных.

`-C`
`--create`

Создать базу данных, прежде чем восстанавливать данные. Если также указан параметр `--clean`, удалить и пересоздать целевую базу данных перед подключением к ней.

С ключом `--create` программа pg_restore также восстанавливает комментарий к базе данных (если он задан) и все назначения переменных конфигурации, связанные с базой данных, то есть все команды `ALTER DATABASE ... SET ...` и `ALTER ROLE ... IN DATABASE ... SET ...`, ссылающиеся на эту базу данных. Также восстанавливаются права доступа к самой базе данных, если не добавлен ключ `--no-acl`.

С этим параметром база, заданная параметром `-d`, применяется только для подключения и выполнения начальных команд `DROP DATABASE` и `CREATE DATABASE`. Все данные восстанавливаются в базу данных, имя которой записано в архиве.

`-d` *имя_бд*
`--dbname=`*имя_бд*

Подключиться к базе данных *имя_базы* и восстановить данные непосредственно в неё. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-e`
`--exit-on-error`

Завершать работу в случае возникновения ошибки при выполнении команд SQL в базе данных. По умолчанию процесс восстановления продолжается, а по его окончании выдаётся число ошибок.

`-f` *имя_файла*
`--file=`*имя_файла*

Задаёт файл для вывода сгенерированного скрипта или списка объектов, получаемого с параметром `-l`. Чтобы выбрать stdout, используйте `-`.

`-F` *формат*
`--format=`*формат*

Задаёт формат архива. Указывать формат необязательно, так как pg_restore определяет формат автоматически. Но если формат задаётся, допускается один из этих вариантов:

`c`
`custom`

Архив сохранён в специальном формате pg_dump.

`d`
`directory`

Архив сохранён в каталоге.

`t`
`tar`

Архив сохранён в формате `tar`.

`-I` *`индекс`*
`--index=`*`индекс`*

Восстановить определение только заданного индекса. Добавив дополнительные ключи `-I`, можно указать несколько индексов.

`-j` *`число-заданий`*
`--jobs=`*`число-заданий`*

Выполнять наиболее длительные этапы pg_restore (в частности, загрузку данных, создание индексов или ограничений) параллельно, используя несколько заданий (в количестве, не превышающем *`число-заданий`*). Это позволяет кардинально сократить время восстановления большой базы данных, когда сервер работает на многопроцессорном компьютере. Данный параметр игнорируется, когда генерируется скрипт (нет прямого подключения к базе данных).

Каждое задание выполняется в отдельном задании или потоке, в зависимости от операционной системы, и использует отдельное подключение к серверу.

Оптимальное значение этого параметра зависит от аппаратной конфигурации сервера, клиента и сети. В частности, имеет значение количество процессорных ядер и устройство дискового хранилища. В качестве начального значения можно выбрать число ядер на сервере, но и при увеличении этого значения во многих случаях восстановление будет быстрее. Конечно, при слишком больших значениях производительность упадёт из-за перегрузки.

Этот параметр поддерживается только с архивом в специальном формате или в каталоге. Входные данные должны поступать из обычного файла или каталога, а не из канала или стандартного устройства ввода. Кроме того, несколько заданий не могут выполняться в сочетании с параметром `--single-transaction`.

`-l`
`--list`

Вывести оглавление архива. Вывод этой операции можно подать на вход этой же команде с параметром `-L`. Учтите, что когда вместе с `-l` применяются параметры фильтрации (например, `-n` или `-t`), они сокращают список выводимых объектов.

`-L` *`файл-список`*
`--use-list=`*`файл-список`*

Восстановить из архива только элементы, перечисленные в *`файле-списке`*, и в том порядке, в каком они идут в этом файле. Заметьте, что когда вместе с `-L` применяются параметры фильтрации (например, `-n` или `-t`), они дополнительно ограничивают восстанавливаемые объекты.

Данный *`файл-список`* обычно представляет собой отредактированный результат предыдущей операции `-l`. Строки в нём могут быть переставлены или удалены, а также могут быть закомментированы точкой с запятой (`;`), добавленной в начале строки. См. примеры ниже.

`-n` *`схема`*
`--schema=`*`схема`*

Восстановить только объекты в указанной схеме. Добавив дополнительные ключи `-n`, можно указать несколько схем. Этот параметр можно сочетать с `-t`, чтобы восстановить только определённую таблицу.

`-N` *`схема`*
`--exclude-schema=`*`схема`*

Не восстанавливать объекты в указанной схеме. Добавив дополнительные ключи `-N`, можно исключить несколько схем.

Когда и с ключом `-n`, и с ключом `-N` передаётся имя одной схемы, ключ `-N` выигрывает и схема исключается.

`-O`
`--no-owner`

Не генерировать команды, устанавливающие владение объектами, как в исходной базе данных. По умолчанию, pg_restore генерирует команды `ALTER OWNER` или `SET SESSION AUTHORIZATION`, восстанавливающие исходных владельцев создаваемых элементов схемы. Однако эти команды можно будет выполнить, только если к базе данных первоначально подключается суперпользователь (или пользователь, владеющими всеми объектами в скрипте). Чтобы получить скрипт, который сможет восстановить любой подключающийся пользователь (но при этом он станет владельцем всех созданных объектов), используется `-O`.

`-P` *`имя-функции(тип-аргумента[, ...])`*
`--function=`*`имя-функции(тип-аргумента[, ...])`*

Восстановить только указанную функцию. При этом важно записать имя функции и аргументы в точности так, как они фигурируют в оглавлении файла архива. Добавив дополнительные ключи `-P`, можно указать несколько функций.

`-R`
`--no-reconnect`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-s`
`--schema-only`

Восстановить только схему (определения данных), без данных, в объёме, в котором элементы схемы представлены в архиве.

Действие параметра противоположно действию `--data-only`. Это похоже на указание `--section=pre-data --section=post-data`, но по историческим причинам не равнозначно ему.

(Не путайте этот параметр с `--schema`, где слово «схема» используется в другом значении.)

`-S` *`имя_пользователя`*
`--superuser=`*`имя_пользователя`*

Задаёт имя суперпользователя, полномочия которого будут использоваться для отключения триггеров. Этот параметр применяется только с параметром `--disable-triggers`.

`-t` *`таблица`*
`--table=`*`таблица`*

Восстановить определение и/или данные только указанной таблицы. В этом контексте под «таблицей» подразумеваются также представления, материализованные представления, последовательности и сторонние таблицы. Чтобы выбрать несколько таблиц, ключ `-t` можно указать несколько раз. Этот параметр можно скомбинировать с `-n`, чтобы выбрать таблицу(ы) в определённой схеме.

Примечание

Когда указывается `-t`, pg_restore не пытается восстанавливать объекты базы данных, от которых могут зависеть выбранные таблицы. Таким образом, в этом случае не гарантируется, что выгруженные таблицы будут успешно восстановлены в чистой базе данных.

Примечание

Этот флаг действует не совсем так, как флаг `-t` утилиты pg_dump. В настоящее время pg_restore не поддерживает выбор объектов по маске, а также не позволяет указать имя схемы с `-t`. И хотя pg_dump с флагом `-t` также выгружает подчинённые объекты (например, индексы) выбранных таблиц, pg_restore с флагом `-t` такие подчинённые объекты не обрабатывает.

Примечание

В версиях PostgreSQL до 9.6 этот флаг выбирал только таблицы, но не другие типы отношений.

`-T` *`триггер`*
`--trigger=`*`триггер`*

Восстановить только указанный триггер. Добавив дополнительные ключи `-T`, можно указать несколько триггеров.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_restore и завершиться.

`-x`
`--no-privileges`
`--no-acl`

Не восстанавливать права доступа (не выполнять команды GRANT/REVOKE).

`-1`
`--single-transaction`

Произвести восстановление в одной транзакции (то есть, завернуть выполняемые команды в `BEGIN`/`COMMIT`). При этом гарантируется, что либо все команды будут выполнены успешно, либо не будет никаких изменений. Этот режим подразумевает `--exit-on-error`.

`--disable-triggers`

Этот параметр действует только при выгрузке одних данных. С ним pg_restore выполняет команды, отключающие триггеры в целевых таблицах на время восстановления данных. Используйте его, если в ваших таблицах определены проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые вы не хотели бы выполнять в процессе восстановления данных.

В настоящее время команды, генерируемые с `--disable-triggers`, должны выполнятся суперпользователем. Поэтому необходимо также задать имя суперпользователя в параметре `-S` или, что предпочтительнее, запускать pg_restore от имени суперпользователя PostgreSQL.

`--enable-row-security`

Этот параметр имеет смысл только при восстановлении содержимого таблицы, для которой включена защита строк. По умолчанию pg_restore устанавливает для row_security значение off для уверенности, что в таблице восстановлены все данные. Если у пользователя недостаточно прав для обхода защиты строк, выдаётся ошибка. Этот параметр указывает pg_restore установить в row_security значение on, чтобы пользователь мог попытаться восстановить содержимое таблицы с включённой защитой строк. Однако и при этом возможна ошибка, если пользователь не будет иметь права добавлять в эту таблицу выгруженные строки данных.

Заметьте, что в настоящее время для этого требуется, чтобы выгрузка выполнялась в режиме `INSERT`, так как `COPY FROM` не поддерживает защиту строк.

`--if-exists`

Использовать команды `DROP ... IF EXISTS` для удаления объектов в режиме `--clean`. При этом возможные ошибки «does not exist» (не существует) не выводятся. Этот параметр недействителен без указания `--clean`.

`--no-comments`

Не выводить команды, восстанавливающие комментарии, даже если они содержатся в архиве.

`--no-data-for-failed-tables`

По умолчанию данные восстанавливаются даже при ошибке команды создания таблицы (например, когда она уже существует). С этим параметром данные в таком случае не восстанавливаются. Это поведение полезно, если в целевой таблице уже содержатся нужные данные. Например, вспомогательные таблицы для расширений PostgreSQL (в частности, PostGIS) могут быть уже заполнены; этот параметр позволяет предотвратить дублирование или загрузку устаревших данных в эти таблицы.

Этот параметр действует только при восстановлении непосредственно в базу данных (не при генерации SQL-скрипта).

`--no-publications`

Не выводить команды, восстанавливающие публикации, даже если они содержатся в архиве.

`--no-security-labels`

Не выводить команды, восстанавливающие метки безопасности, даже если они содержатся в архиве.

`--no-subscriptions`

Не выводить команды, восстанавливающие подписки, даже если они содержатся в архиве.

`--no-tablespaces`

Не формировать команды для указания табличных пространств. При восстановлении все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

`--restrict-key=`*`restrict_key`*

Использовать предоставленную строку в качестве ключа `\restrict` psql в выводе выгрузки. Задать это можно только для вывода скрипта SQL, например, с помощью параметра `--file`. Если ключ ограничения не указан, pg_dumpall сгенерирует случайный ключ. Ключи могут содержать только буквенные и цифровые символы.

Этот параметр в основном предназначен для целей тестирования и других сценариев, требующих повторяющегося создания вывода (например, для сравнения файлов выгрузки). Параметр не рекомендуется использовать в повседневной работе, поскольку, зная принципы его функционирования, злоумышленник может внедрить произвольный код, который будет выполнен на машине при помощи psql и вывода выгрузки.

`--section=`*`имя секции`*

Восстановить только указанный раздел. В качестве имени раздела можно задать `pre-data`, `data` или `post-data`. Указав этот параметр неоднократно, можно выбрать несколько разделов. По умолчанию восстанавливаются все разделы.

Раздел «data» содержит собственно данные таблиц и определения больших объектов. В разделе «post-data» содержатся определения индексов, триггеров, правил и ограничений (кроме отдельно проверяемых). Раздел «pre-data» содержит все остальные определения.

`--strict-names`

Требует, чтобы каждому указанию схемы (`-n`/`--schema`) и таблицы (`-t`/`--table`) соответствовала минимум одна схема/таблица в файле резервной копии.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки pg_restore и завершиться.

pg_restore также принимает в качестве параметров соединения следующие аргументы командной строки:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_restore запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, pg_restore лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--role=`*имя роли*

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять восстановление. Получив это имя, pg_restore выполнит `SET ROLE` *имя_роли* после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для pg_restore, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволяет выполнить восстановление, не нарушая их.

Переменные окружения

PGHOST
PGOPTIONS
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию

PG_COLOR

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Как и большинство других утилит PostgreSQL, эта утилита также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14). Однако она не учитывает `PGDATABASE`, когда имя базы не указано.

Диагностика

Когда с параметром `-d` устанавливается прямое подключение к базе данных, pg_restore выполняет обычные операторы SQL. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека libpq. Если вы сталкиваетесь с проблемами при запуске pg_restore, убедитесь в том, что вы можете получить информацию из базы данных, используя, например psql.

Примечания

Если в вашей инсталляции база данных `template1` содержит какие-либо дополнения, важно убедиться в том, что вывод pg_restore загружается в действительно пустую базу; иначе вы, скорее всего, получите ошибки из-за дублирования определений создаваемых объектов. Чтобы получить пустую базу данных без дополнительных объектов, выберите в качестве шаблона `template0`, а не `template1`, например так:

```
CREATE DATABASE foo WITH TEMPLATE template0;
```

Ограничения pg_restore описаны ниже.

- При восстановлении данных в уже существующие таблицы с параметром `--disable-triggers`, pg_restore выполняет команды, отключающие триггеры в пользовательских таблицах до добавления данных, а затем, после добавления данных, выполняет команды, снова включающие эти триггеры. Если восстановление прервётся в середине, системные каталоги могут оказаться в некорректном состоянии.
- Утилита pg_restore не способна восстанавливать большие объекты избирательно; например, только для определённой таблицы. Если архив содержит большие объекты, они будут восстановлены все, либо не будут восстановлены никакие (если они были исключены параметрами `-L`, `-t` и т. п.).

Также обратитесь к документации pg_dump, чтобы узнать о связанных ограничениях pg_dump.

После восстановления имеет смысл запустить `ANALYZE` для каждой восстановленной таблицы, чтобы оптимизатор получил актуальную статистику; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6.

Примеры

Предположим, что мы выгрузили базу данных `mydb` в файл специального формата:

```
$ pg_dump -Fc mydb > db.dump
```

Мы можем удалить базу данных и восстановить её из копии:

```
$ dropdb mydb
$ pg_restore -C -d postgres db.dump
```

В аргументе `-d` можно указать любую базу данных, существующую в кластере; pg_restore использует её, только чтобы выполнить команду `CREATE DATABASE` для базы `mydb`. С параметром `-C` данные всегда восстанавливаются в базу, имя которой записано в файле архива.

Восстановить данные в новую базу `newdb` можно так:

```
$ createdb -T template0 newdb
$ pg_restore -d newdb db.dump
```

Обратите внимание, мы не используем параметр `-C`, а вместо этого подключаемся непосредственно к базе, в которую хотим восстановить данные. Также заметьте, что мы создаём базу данных из шаблона `template0`, а не `template1`, чтобы изначально она была гарантированно пустой.

Чтобы переупорядочить элементы базы данных, сначала необходимо получить оглавление архива:

```
$ pg_restore -l db.dump > db.list
```

Файл оглавления содержит заголовок и по одной строке для каждого элемента, например:

```
;
; Archive created at Mon Sep 14 13:55:39 2009
;     dbname: DBDEMOS
;     TOC Entries: 81
;     Compression: 9
;     Dump Version: 1.10-0
;     Format: CUSTOM
;     Integer: 4 bytes
;     Offset: 8 bytes
;     Dumped from database version: 8.3.5
;     Dumped by pg_dump version: 8.3.8
;
;
; Selected TOC Entries:
;
3; 2615 2200 SCHEMA - public pasha
1861; 0 0 COMMENT - SCHEMA public pasha
1862; 0 0 ACL - public pasha
317; 1247 17715 TYPE public composite pasha
319; 1247 25899 DOMAIN public domain0 pasha
```

С точки с запятой начинаются комментарии, а число в начале строки обозначает внутренний идентификатор, назначаемый каждому элементу в архиве.

Строки в этом файле можно закомментировать, удалить или переместить. Например, список:

```
10; 145433 TABLE map_resolutions postgres
;2; 145344 TABLE species postgres
;4; 145359 TABLE nt_header postgres
6; 145402 TABLE species_records postgres
;8; 145416 TABLE ss_old postgres
```

можно передать утилите pg_restore, чтобы восстановить только элементы 10 и 6 в указанном порядке:

```
$ pg_restore -L db.list db.dump
```

См. также

pg_dump, pg_dumpall, psql

pg_verifybackup

pg_verifybackup — проверить целостность базовой копии кластера PostgreSQL

Синтаксис

`pg_verifybackup` [*параметр*...]

Описание

pg_verifybackup позволяет проверить целостность копии кластера БД, сделанной программой `pg_basebackup`, по манифесту `backup_manifest`, созданному во время копирования. Копия должна быть представлена в формате «plain»; чтобы проверить копию в формате «tar», её нужно сначала разархивировать.

Важно отметить, что процедура контроля, выполняемая программой pg_verifybackup не включает и не может включать в себя все проверки, которые будет выполнять сервер, если его запустить с этой копией. Даже если вы пользуетесь этим средством, вам всё же следует выполнять тестовое восстановление данных, чтобы убедиться в том, что восстановленные базы работают ожидаемым образом и содержат нужные данные. Тем не менее pg_verifybackup может быстро выявить множество распространённых проблем, вызываемых неисправностью хранилища или ошибками пользователя.

Проверка копии выполняется в четыре этапа. На первом этапе `pg_verifybackup` читает файл `backup_manifest`. Если этот файл не существует, неправильно оформлен или не соответствует контрольной сумме, которая в нём содержится, `pg_verifybackup` завершает выполнение с критической ошибкой.

На втором этапе `pg_verifybackup` проверяет, что файлы данных, находящиеся на диске в настоящее время, в точностью совпадают с теми файлами, которые сервер должен был передать, за несколькими исключениями, описанными ниже. При этом выявляются все пропавшие или добавившиеся файлы, кроме некоторых игнорируемых. В частности, на этом этапе не принимается во внимание присутствие, отсутствие или какое-либо изменение файлов `postgresql.auto.conf`, `standby.signal` и `recovery.signal`, так как ожидается, что эти файлы могут создаваться или модифицироваться в процессе создания копии. Также из рассмотрения исключается файл `backup_manifest` в целевом каталоге и всё содержимое каталога `pg_wal`, несмотря на то, что эти файлы не будут описаны в манифесте копии. Проверяются только файлы; наличие или отсутствие каталогов контролируется только косвенно: если какой-либо каталог отсутствует, неизбежно будут отсутствовать и все файлы, которые должны в нём содержаться.

Затем `pg_verifybackup` проверяет контрольные суммы всех файлов, сравнивая их со значениями, указанными в манифесте, и выдаёт ошибки для файлов, у которых вычисленная контрольная сумма не совпадает с сохранённой в манифесте. Это действие не выполняется для файлов, вызвавших ошибки на предыдущем шаге, так как о проблемах с ними уже известно. Для файлов, которые игнорировались на втором этапе, контрольные суммы тоже не проверяются.

На последнем этапе `pg_verifybackup`, используя манифест, проверяет, имеются ли в журнале WAL все записи, необходимые для восстановления, и можно ли их успешно прочитать и разобрать. Файл `backup_manifest` содержит информацию о том, какие записи потребуются, благодаря чему `pg_verifybackup` может вызвать `pg_waldump`, чтобы разобрать и тем самым проверить эти записи журнала. При вызове программы `pg_waldump` передаётся флаг `--quiet`, так что она будет выдавать только ошибки, без каких-либо других сообщений. Хотя этот уровень проверки достаточен для выявления явных проблем, например, отсутствия файлов или несоответствия внутренних контрольных сумм, он всё же не даёт гарантию обнаружения всех проблем, которые могут возникнуть при попытке восстановления базы. Например, данный метод проверки бесполезен, если из-за внутренней ошибки сервера в WAL будут вноситься записи с правильными контрольными суммами, но бессмысленным содержимым.

Заметьте, что в случае наличия дополнительных файлов WAL, не требующихся для восстановления копии, они не будут проверяться этим средством, хотя проверить их можно, вызвав `pg_waldump` отдельно. Также учтите, что проверка WAL зависит от версии: для проверки целостности копии необходимо использовать ту версию `pg_verifybackup`, а значит и `pg_waldump`, с которой эта копия была получена. Проверки же целостности файлов должны работать с данными любой версии сервера, сформировавшего файл `backup_manifest`.

Параметры

Утилита pg_verifybackup принимает следующие аргументы командной строки:

`-e`
`--exit-on-error`

Завершиться при первой же выявленной проблеме. В отсутствие этого указания `pg_verifybackup` продолжает проверку копии после обнаружения первой ошибки и сообщает обо всех ошибках.

`-i` *`путь`*
`--ignore=`*`путь`*

Игнорировать указанный файл или каталог, который может быть задан относительным путём, при сравнении списка файлов данных, фактически присутствующих в копии, со списком в файле `backup_manifest`. Если указан путь к каталогу, из рассмотрения исключается всё дерево подкаталогов, начиная с указанного. В случае совпадения относительного пути файла с указанным никакие сообщения о дополнительных или пропавших файлах, а также об изменении размера или несовпадении контрольных сумм файлов, выдаваться не будут. Этот параметр можно задать несколько раз.

`-m` *`путь`*
`--manifest-path=`*`путь`*

Использовать файл манифеста по заданному пути вместо файла, расположенного в корневом каталоге копии.

`-n`
`--no-parse-wal`

Не пытаться разобрать данные журнала предзаписи, которые могут понадобиться для восстановления проверяемой копии.

`-q`
`--quiet`

Не выводить ничего, если копия проходит проверку успешно.

`-s`
`--skip-checksums`

Не проверять контрольные суммы файлов данных. При этом тем не менее будет проверяться отсутствие или наличие файлов и их размеры. В таком режиме проверка выполняется гораздо быстрее, так как собственно содержимое файлов читать не требуется.

`-w` *`путь`*
`--wal-directory=`*`путь`*

Проверять файлы WAL, находящиеся в указанном каталоге, а не в `pg_wal`. Это полезно, если архив WAL сохраняется отдельно от основного содержимого копии.

Другие флаги:

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_verifybackup и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_verifybackup и завершиться.

Примеры

Создание базовой копии сервера `mydbserver` и проверка целостности копии:

```
$ pg_basebackup -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/data
$ pg_verifybackup /usr/local/pgsql/data
```

Создание базовой копии сервера `mydbserver`, перемещение файла манифеста во внешний каталог и проверка копии:

```
$ pg_basebackup -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/backup1234
$ mv /usr/local/pgsql/backup1234/backup_manifest /my/secure/location/
backup_manifest.1234
$ pg_verifybackup -m /my/secure/location/backup_manifest.1234 /usr/local/pgsql/
backup1234
```

Проверка копии с исключением файла, добавленного в каталог копии вручную, и без проверки контрольных сумм:

```
$ pg_basebackup -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/data
$ edit /usr/local/pgsql/data/note.to.self
$ pg_verifybackup --ignore=note.to.self --skip-checksums /usr/local/pgsql/data
```

См. также

pg_basebackup

psql

psql — интерактивный терминал PostgreSQL

Синтаксис

`psql` [*параметр*...] [*имя_бд* [*имя_пользователя*]]

Описание

Программа psql — это терминальный клиент для работы с PostgreSQL. Она позволяет интерактивно вводить запросы, передавать их в PostgreSQL и видеть результаты. Также запросы могут быть получены из файла или из аргументов командной строки. Кроме того, psql предоставляет ряд метакоманд и различные возможности, подобные тем, что имеются у командных оболочек, для облегчения написания скриптов и автоматизации широкого спектра задач.

Параметры

`-a`
`--echo-all`

Отправляет в стандартный вывод все непустые входные строки по мере их чтения. (Это не относится к строкам, считанным в интерактивном режиме.) Эквивалентно установке переменной `ECHO` в значение `all`.

`-A`
`--no-align`

Переключает на невыровненный режим вывода. (По умолчанию используется другой режим, `aligned`.) Равнозначно команде `\pset format unaligned`.

`-b`
`--echo-errors`

Выводит все команды SQL с ошибками в стандартный поток ошибок. Равнозначно присваиванию переменной `ECHO` значения `errors`.

`-c` *команда*
`--command=`*команда*

Передаёт psql *команду* для выполнения. Этот ключ можно повторять и комбинировать в любом порядке с ключом `-f`. Когда указывается `-c` или `-f`, psql не читает команды со стандартного ввода; вместо этого она завершается сразу после обработки всех ключей `-c` и `-f` по порядку.

Заданная *команда* должна быть либо командной строкой, которая полностью интерпретируется сервером (т. е. не использует специфические функции psql), либо одиночной командой с обратной косой чертой. Таким образом, используя `-c`, нельзя смешивать метакоманды SQL и psql. Но это можно сделать, передав несколько ключей `-c` или передав строку в psql через канал:

```
psql -c '\x' -c 'SELECT * FROM foo;'
```

или

```
echo '\x \\ SELECT * FROM foo;' | psql
```

(`\\` — разделитель метакоманд.)

Каждая строка SQL-команд, заданная ключом `-c`, передаётся на сервер как один запрос. Поэтому сервер выполняет её в одной транзакции, даже когда эта строка содержит несколько команд SQL, если только в ней не содержатся явные команды `BEGIN`/`COMMIT`, разделяющие её на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 52.2.2.1.) Кроме того, psql печатает результат только последней SQL-команды в строке. Это отличается от поведения, когда та же строка считывается из файла или подаётся на стандартный ввод psql, так как в последнем случае psql передаёт каждую команду SQL отдельно.

Из-за такого поведения указание нескольких SQL-команд в одной строке `-c` часто приводит к неожиданным результатам. Поэтому лучше использовать несколько ключей `-c` или подавать команды на стандартный ввод psql, применяя либо echo, как показано выше, либо создаваемый прямо в оболочке текст, например:

```
psql <<EOF
\x
SELECT * FROM foo;
EOF
```

`--csv`

Переключает в режим вывода CSV (Comma Separated Values, Значения, разделённые запятыми). Равнозначно команде `\pset format csv`.

`-d` *`имя_бд`*
`--dbname=`*`имя_бд`*

Указывает имя базы данных для подключения. Равнозначно указанию *`имя_бд`* в первом аргументе, не являющемся ключом, в командной строке. Вместо имени может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-e`
`--echo-queries`

Посылает все команды SQL, отправленные на сервер, ещё и на стандартный вывод. Эквивалентно установке переменной `ECHO` в значение `queries`.

`-E`
`--echo-hidden`

Отображает фактические запросы, генерируемые `\d` и другими командами, начинающимися с \. Это можно использовать для изучения внутренних операций в psql. Эквивалентно установке переменной `ECHO_HIDDEN` значения `on`.

`-f` *`имя_файла`*
`--file=`*`имя_файла`*

Читает команды из файла *`имя_файла`*, а не из стандартного ввода. Этот ключ можно повторять и комбинировать в любом порядке с ключом `-c`. Если указан ключ `-c` или `-f`, программа psql не читает команды со стандартного ввода; вместо этого она завершается после обработки всех ключей `-c` и `-f` по очереди. Не считая этого, данный ключ по большому счёту равнозначен метакоманде `\i`.

Если *`имя_файла`* задано символом `-` (минус), считывается стандартный ввод до признака конца файла или до метакоманды `\q`. Это позволяет перемежать интерактивный ввод с вводом из файлов. Однако заметьте, что Readline в этом случае не применяется (так же, как и с ключом `-n`).

Использование этого параметра немного отличается от `psql <` *`имя_файла`*. В основном, оба варианта будут делать то, что вы ожидаете, но с `-f` доступны некоторые полезные свойства, такие как сообщения об ошибках с номерами строк. Также есть небольшая вероятность, что запуск в таком режиме будет быстрее. С другой стороны, вариант с перенаправлением ввода из командного интерпретатора (в теории) гарантирует получение точно такого же вывода, какой вы получили бы, если бы ввели всё вручную.

`-F` *разделитель*
`--field-separator=`*разделитель*

Использование *разделитель* в качестве разделителя полей при невыровненном режиме вывода. Эквивалентно `\pset fieldsep` или `\f`.

`-h` *компьютер*
`--host=`*компьютер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-H`
`--html`

Переключает в режим вывода HTML. Равнозначно команде `\pset format html` или `\H`.

`-l`
`--list`

Выводит список всех доступных баз данных и завершает работу. Другие параметры, не связанные с соединением, игнорируются. Это похоже на метакоманду `\list`.

Когда используется этот аргумент, psql будет подключаться к базе данных `postgres`, если только в командной строке не задана другая база данных (в параметре `-d` или не через параметры, а, например, через запись службы, но не через переменную окружения).

`-L` *имя_файла*
`--log-file=`*имя_файла*

В дополнение к обычному выводу, записывает вывод результатов всех запросов в файл *имя_файла*.

`-n`
`--no-readline`

Отключает использование Readline для редактирования командной строки и использования истории команд. Может быть полезно для выключения расширенных действий клавиши табуляции при вырезании и вставке.

`-o` *имя_файла*
`--output=`*имя_файла*

Записывает вывод результатов всех запросов в файл *имя_файла*. Эквивалентно команде `\o`.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной среды `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции, обычно 5432.

`-P` *присваивание*
`--pset=`*присваивание*

Задаёт параметры печати, в стиле команды `\pset`. Обратите внимание, что имя параметра и значение разделяются знаком равенства, а не пробела. Например, чтобы установить формат вывода в LaTeX, нужно написать `-P format=latex`.

`-q`
`--quiet`

Указывает, что psql должен работать без вывода дополнительных сообщений. По умолчанию, выводятся приветствия и различные информационные сообщения. Этого не произойдёт с использованием данного параметра. Полезно вместе с параметром `-c`. Этот же эффект можно получить, установив для переменной `QUIET` значение `on`.

`-R` *`разделитель`*
`--record-separator=`*`разделитель`*

Использовать *`разделитель`* как разделитель записей при невыровненном режиме вывода. Равнозначно команде `\pset recordsep`.

`-s`
`--single-step`

Запуск в пошаговом режиме. Это означает, что пользователь будет подтверждать выполнение каждой команды, отправляемой на сервер, с возможностью отменить выполнение. Используется для отладки скриптов.

`-S`
`--single-line`

Запуск в однострочном режиме, при котором символ новой строки завершает SQL-команды, так же как это делает точка с запятой.

> **Примечание**
>
> Этот режим реализован для тех, кому он нужен, но это не обязательно означает, что и вам нужно его использовать. В частности, если смешивать в одной строке команды SQL и метакоманды, порядок их выполнения может быть не всегда понятен для неопытного пользователя.

`-t`
`--tuples-only`

Отключает вывод имён столбцов и результирующей строки с количеством выбранных записей. Равнозначно команде `\t` или `\pset tuples_only`.

`-T` *`параметры_таблицы`*
`--table-attr=`*`параметры_таблицы`*

Задаёт атрибуты, которые будут вставлены в тег HTML `table`. За подробностями обратитесь к описанию `\pset tableattr`.

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Использовать для подключения к базе данных *`имя_пользователя`* вместо подразумеваемого по умолчанию. (Разумеется, это потребует соответствующего разрешения.)

`-v` *`присваивание`*
`--set=`*`присваивание`*
`--variable=`*`присваивание`*

Выполняет присваивание значения переменной, как метакоманда `\set`. Обратите внимание, что необходимо разделить имя переменной и значение (при наличии) знаком равенства в командной строке. Чтобы сбросить переменную, оставьте имя переменной без знака равенства. Чтобы установить пустое значение, добавьте знак равенства, но опустите значение. Эти присваивания выполняются во время обработки командной строки, так что переменные, отражающие состояние соединения, будут перезаписаны позже.

`-V`
`--version`

Выводит версию psql и завершает работу.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль нельзя получить из других источников, например из файла `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всего сеанса и, таким образом, влияет на метакоманду `\connect`, так же как и на первую попытку соединения.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных, даже если он не будет использоваться.

Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль нельзя получить из других источников, например из файла `.pgpass`, psql запросит пароль в любом случае. Однако чтобы понять, что требуется пароль, psql лишний раз подключится к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всего сеанса и, таким образом, влияет на метакоманду `\connect`, так же как и на первую попытку соединения.

`-x`
`--expanded`

Включает режим развёрнутого вывода таблицы. Равнозначно команде `\x` или `\pset expanded`.

`-X`
`--no-psqlrc`

Не читать стартовые файлы (ни общесистемный файл `psqlrc`, ни пользовательский файл `~/.psqlrc`).

`-z`
`--field-separator-zero`

Установить нулевой байт в качестве разделителя полей для невыровненного режима вывода. Равнозначно команде `\pset fieldsep_zero`.

`-0`
`--record-separator-zero`

Установить нулевой байт в качестве разделителя записей для невыровненного режима вывода. Это полезно при взаимодействии с другими программами, например, с `xargs -0`. Равнозначно команде `\pset recordsep_zero`.

`-1`
`--single-transaction`

Этот параметр может применяться только в сочетании с одним или несколькими параметрами `-c` и/или `-f`. С ним psql выполняет команду `BEGIN` перед обработкой первого такого параметра и `COMMIT` после последнего, заворачивая таким образом все команды в одну транзакцию. Это гарантирует, что либо все команды завершатся успешно, либо никакие изменения не сохранятся.

Если в самих этих командах содержатся операторы `BEGIN`, `COMMIT` или `ROLLBACK`, этот параметр не даст желаемого эффекта. Кроме того, если какая-либо отдельная команда не может выполняться внутри блока транзакции, с этим параметром вся транзакция прервётся с ошибкой.

`-?`
`--help[=тема]`

Показать справку по psql и завершиться. Необязательный параметр *тема* (по умолчанию `options`) выбирает описание интересующей части psql: `commands` описывает команды psql с обратной косой чертой; `options` описывает параметры командной строки, которые можно передать psql; а `variables` выдаёт справку по переменным конфигурации psql.

Код завершения

При нормальном завершении psql возвращает 0 в командную оболочку ОС, 1 — если произошла критическая ошибка в самом psql (например, нехватка памяти, файл не найден), 2 — при неудачном соединении с сервером неинтерактивного сеанса, 3 — при ошибке в скрипте и установленной переменной `ON_ERROR_STOP`.

Использование

Подключение к базе данных

psql это клиент для PostgreSQL. Для подключения к базе данных нужно знать имя базы данных, имя сервера, номер порта сервера и имя пользователя, под которым вы хотите подключиться. Эти свойства можно задать через аргументы командной строки, а именно `-d`, `-h`, `-p` и `-U` соответственно. Если в командной строке есть аргумент, который не относится к параметрам psql, то он используется в качестве имени базы данных (или имени пользователя, если база данных уже задана). Задавать все эти аргументы необязательно, у них есть разумные значения по умолчанию. Если опустить имя сервера, psql будет подключаться через Unix-сокет к локальному серверу, либо подключаться к `localhost` по TCP/IP в системах, не поддерживающих UNIX-сокеты. Номер порта по умолчанию определяется во время компиляции. Поскольку сервер базы данных использует то же значение по умолчанию, чаще всего указывать номер порта не нужно. Имя пользователя по умолчанию, как и имя базы данных по умолчанию, совпадает с именем пользователя в операционной системе. Заметьте, что просто так подключаться к любой базе данных под любым именем пользователя вы не сможете. Узнать о ваших правах можно у администратора баз данных.

Если значения по умолчанию не подходят, можно сэкономить на вводе параметров подключения, установив переменные среды `PGDATABASE`, `PGHOST`, `PGPORT` и/или `PGUSER`. (Другие переменные среды описаны в Разделе 33.14.) Также удобно иметь файл `~/.pgpass`, чтобы не вводить пароли снова и снова. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.15.

Альтернативный вариант указания параметров подключения — использование строки *conninfo* или URI вместо имени базы данных. Этот механизм даёт широкие возможности для управления соединением. Например:

```
$ psql "service=myservice sslmode=require"
$ psql postgresql://dbmaster:5433/mydb?sslmode=require
```

Этот способ также позволяет использовать LDAP для получения параметров подключения, как описано в Разделе 33.17. Более полно все имеющиеся параметры соединения описаны в Подразделе 33.1.2.

Если соединение не может быть установлено по любой причине (например, нет прав, сервер не работает и т. д.), psql вернёт ошибку и прекратит работу.

Если и стандартный ввод, и стандартный вывод являются терминалом, то psql установит кодировку клиента в «auto», и подходящая клиентская кодировка будет определяться из локальных установок (переменная окружения `LC_CTYPE` в Unix). Если это работает не так, как ожидалось, кодировку клиента можно изменить, установив переменную окружения `PGCLIENTENCODING`.

Ввод SQL-команд

Как правило, приглашение psql состоит из имени базы данных, к которой psql в данный момент подключён, а затем строки `=>`. Например:

```
$ psql testdb
```

```
psql (13.22)
Type "help" for help.

testdb=>
```

В командной строке пользователь может вводить команды SQL. Обычно введённые строки отправляются на сервер, когда встречается точка с запятой, завершающая команду. Конец строки не завершает команду. Это позволяет разбивать команды на несколько строк для лучшего понимания. Если команда была отправлена и выполнена без ошибок, то результат команды выводится на экран.

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Для этого можно добавить `options=-csearch_path=` в строку подключения или выполнить команду `SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)` перед другими командами SQL. Это касается не только psql, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

При каждом выполнении команды psql также проверяет асинхронные уведомления о событиях, генерируемые командами LISTEN и NOTIFY.

Комментарии в стиле C передаются для обработки на сервер, в то время как комментарии в стандарте SQL psql удаляет перед отправкой.

Метакоманды

Всё, что вводится в psql не взятое в кавычки и начинающееся с обратной косой черты, является метакомандой psql и обрабатывается самим psql. Эти команды делают psql полезным для задач администрирования и разработки скриптов.

Формат команды psql следующий: обратная косая черта, сразу за ней команда, затем аргументы. Аргументы отделяются от команды и друг от друга любым количеством пробелов.

Чтобы включить пробел в значение аргумента, нужно заключить его в одинарные кавычки. Чтобы включить одинарную кавычку в значение аргумента, нужно написать две одинарные кавычки внутри текста в одинарных кавычках. Всё, что содержится в одинарных кавычках подлежит заменам, принятым в языке C: `\n` (новая строка), `\t` (табуляция), `\b` (backspace), `\r` (возврат каретки), `\f` (подача страницы), `\`*цифры* (восьмеричное число), и `\x`*цифры* (шестнадцатеричное число). Если внутри текста в одинарных кавычках встречается обратная косая перед любым другим символом, то она экранирует этот символ.

Если внутри аргумента не в кавычках встречается имя переменной psql с предшествующим двоеточием (`:`), оно заменяется значением переменной, как описано в разделе Интерполяция SQL ниже. Также будут работать описанные там формы `:'`*имя_переменной*`'` и `:"`*имя_переменной*`"`. Конструкция `:{?`*имя_переменной*`}` позволяет проверить, определена ли переменная. Она заменяется значением TRUE или FALSE. Экранирование обратной косой чертой защищает двоеточие от замены.

Текст аргумента, заключённый в обратные кавычки (`` ` ``), считается командной строкой, которая передаётся в командную оболочку ОС. Вывод от этой команды (с удалёнными в конце символами новой строки) заменяет текст в обратных кавычках. В содержимом этого текста не обрабатываются никакие спецпоследовательности или особые знаки, за исключением того, что все вхождения `:`*имя_переменной*, где *имя_переменной* — это имя переменной psql, заменяются значением этой переменной. Также вхождения `:'`*имя_переменной*`'` заменяются значением переменной, заключённым в апострофы с тем, что это было одним аргументом команды оболочки. (Последняя форма почти всегда более предпочтительна, если только вы не абсолютно точно знаете, чего ожидать в переменной.) Так как символы перевода строки и возврата каретки могут быть надёжно экранированы не на всех платформах, форма `:'`*имя_переменной*`'` выводит сообщение об ошибке и подстановка значения переменной не производится, когда это значение содержит такие символы.

Некоторые команды принимают идентификатор SQL (например, имя таблицы) в качестве аргумента. Такие аргументы следуют правилам синтаксиса SQL: буквы, не взятые в кавычки, преобразуются в нижний регистр, буквы, взятые в двойные кавычки (") предотвращают преобразование регистра и позволяют включать пробелы в идентификатор. Внутри двойных кавычек две двойные кавычки сокращаются до одной. Например, `FOO"BAR"BAZ` интерпретируется как `fooBARbaz`, а `"A weird"" name"` становится `A weird" name`.

Разбор аргументов останавливается в конце строки или когда встречается другая обратная косая черта, не внутри кавычек. Обратная косая не внутри кавычек рассматривается как начало новой метакоманды. Специальная последовательность `\\` (две обратных косых черты) обозначает окончание аргументов, далее продолжается разбор команд SQL, если таковые имеются. Таким образом, команды SQL и psql можно свободно смешивать в одной строке. Но в любом случае аргументы метакоманды не могут выходить за пределы текущей строки.

Многие из метакоманд оперируют с *буфером текущего запроса*. Этот буфер содержит произвольный текст команд SQL, который был введён, но ещё не отправлен серверу для выполнения. В него будут входить и предыдущие строки, а также текст, расположенный в строке метакоманды перед ней.

Определены следующие метакоманды:

`\a`

Если текущий режим вывода таблицы невыровненный, то он переключается на выровненный режим. Если текущий режим выровненный, то устанавливается невыровненный. Эта команда поддерживается для обратной совместимости. См. `\pset` для более общего решения.

`\c` или `\connect [ -reuse-previous=`*on|off* `] [` *имя_бд* `[` *имя_пользователя* `] [` *компьютер* `] [` *порт* `] |` *строка_подключения* `]`

Устанавливает новое подключение к серверу PostgreSQL. Параметры подключения можно указывать как позиционно (один или несколько по списку: база данных, пользователь, компьютер и порт), так и передавая аргумент *строка_подключения* (подробнее о строках подключения рассказывается в Подразделе 33.1.1). Если аргументы отсутствуют, новое подключение устанавливается с теми же параметрами, что и предыдущее.

Указание в параметре *имя_бд*, *имя_пользователя*, *компьютер* или *порт* значения `-` равносильно опущению этого параметра.

Новое подключение может повторно использовать параметры предыдущего — не только имя базы данных, пользователя, компьютер и порт, но и, например, *режим_ssl*. По умолчанию параметры используются повторно при позиционной записи, но не когда задана *строка_подключения*. Это поведение может переопределяться первым аргументом, `-reuse-previous=on` или `-reuse-previous=off`. В случае повторного использования параметров любой параметр, явно не заданный в виде позиционного или в *строке_подключения*, заимствуется из параметров текущего подключения. Исключение составляет параметр *hostaddr* — если он был задан в предыдущем подключении, а в новом в позиционной записи задаётся другое значение *host*, значение *hostaddr* сбрасывается. Кроме того, пароль существующего подключения будет использоваться повторно, только если имя пользователя, узел и порт не меняются. Если какой-либо параметр не указан в этой команде и не используется повторно, действует принятое в libpq значение по умолчанию.

Если новое подключение успешно установлено, предыдущее подключение закрывается. Если попытка подключения не удалась (неверное имя пользователя, доступ запрещён и т. д.), то предыдущее соединение останется активным, только если psql находится в интерактивном режиме. Если скрипт выполняется неинтерактивно, обработка немедленно останавливается с сообщением об ошибке. Различное поведение выбрано для удобства пользователя в качестве защиты от опечаток с одной стороны и в качестве меры безопасности, не позволяющей случайно запустить скрипты в неправильной базе, с другой.

Примеры:

```
=> \c mydb myuser host.dom 6432
```

```
=> \c service=foo
=> \c "host=localhost port=5432 dbname=mydb connect_timeout=10 sslmode=disable"
=> \c -reuse-previous=on sslmode=require    -- меняется только sslmode
=> \c postgresql://tom@localhost/mydb?application_name=myapp
```

`\C [ заголовок ]`

Задаёт заголовок, который будет выводиться для результатов любых запросов или отменяет установленный ранее заголовок. Эта команда эквивалентна `\pset title заголовок`. (Название этой команды происходит от «caption» (заголовок), так как изначально она применялась только для задания заголовков HTML-таблиц.)

`\cd [ каталог ]`

Сменяет текущий рабочий каталог на *каталог*. Без аргумента устанавливается домашний каталог текущего пользователя.

> **Подсказка**
>
> для печати текущего рабочего каталога используйте `\! pwd`.

`\conninfo`

Выводит информацию о текущем подключении к базе данных.

`\copy { таблица [ ( список_столбцов ) ] } from { 'имя_файла' | program 'команда' | stdin | pstdin } [ [ with ] ( параметр [, ...] ) ] [ where условие ]`
`\copy { таблица [ ( список_столбцов ) ] | ( query ) } to { 'имя_файла' | program 'команда' | stdout | pstdout } [ [ with ] ( параметр [, ...] ) ]`

Производит копирование данных с участием клиента. При этом выполняется SQL-команда COPY, но вместо чтения или записи в файл на сервере, psql читает или записывает файл и пересылает данные между сервером и локальной файловой системой. Это означает, что для доступа к файлам используются привилегии локального пользователя, а не сервера, и не требуются привилегии суперпользователя SQL.

С указанием `program` psql выполняет *команду* и данные, поступающие из/в неё, передаются между сервером и клиентом. Это опять же означает, что для выполнения программ используются привилегии локального пользователя, а не сервера, и не требуются привилегии суперпользователя SQL.

При выполнении `\copy ... from stdin` строки с данными считываются из источника, выполнившего команду, и считываются до тех пор, пока не встретится `\.` или не будет достигнут конец файла. Этот параметр полезен для заполнения таблиц прямо в SQL-скриптах. При выполнении `\copy ... to stdout` вывод направляется в то же место, что и вывод psql команд. Статус команды `COPY count` не отображается, чтобы не перепутать со строкой данных. Для чтения/записи стандартного ввода/вывода psql, вне зависимости от источника текущей команды или параметра `\o`, используйте `from pstdin` или `to pstdout`.

Синтаксис команды похож на синтаксис SQL-команды COPY. Все параметры, кроме источника и получателя данных, задаются так же, как и в COPY. Поэтому при обработке метакоманды `\copy` применяются другие правила разбора. В отличие от большинства других метакоманд, для неё остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\copy`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

> **Подсказка**
>
> Альтернативный способ получить тот же результат, что и с `\copy ... to` — использовать SQL-команду `COPY ... TO STDOUT` и завершить её командой `\g имя` или `\g |программа`. В

отличие от `\copy`, этот подход позволяет разбивать команду на несколько строк, а также использовать интерполяцию переменных и раскрытие обратных кавычек (`` ` ``).

Подсказка

Эти операции не так эффективны, как SQL-команда `COPY`, в которой источником или получателем данных является файл или программа, потому что все данные перемещаются между клиентом и сервером. Для больших объёмов данных SQL-команда может быть предпочтительнее. Кроме того, из-за этого метода сквозной передачи `\copy ... from` в режиме CSV ошибочно обрабатывает единственное в строке значение данных `\.` в качестве маркера конца ввода.

`\copyright`

Показывает информацию об авторских правах и условиях распространения PostgreSQL.

`\crosstabview [` *`столбВ`* `[` *`столбГ`* `[` *`столбТ`* `[` *`столбсортГ`* `] ] ] ]`

Выполняет содержимое буфера текущего запроса (как `\g`) и показывает результат в виде перекрёстной таблицы. Заданный запрос должен возвращать минимум три столбца. Столбец результата, заданный параметром *`столбВ`*, будет образовывать вертикальные заголовки, а столбец, заданный параметром *`столбГ`*, — горизонтальные. Заданный параметром *`столбТ`* столбец будет поставлять данные для отображения внутри таблицы. Столбец, выбранный параметром *`столбсортГ`*, будет необязательным столбцом сортировки горизонтальных заголовков.

Каждое указание столбца может представлять собой имя или номер столбца (начиная с 1). К именам применяются обычные принятые в SQL правила учёта регистра и кавычек. По умолчанию в качестве *`столбВ`* подразумевается столбец 1, а в качестве *`столбГ`* — столбец 2. Если *`столбВ`* и *`столбГ`* задаются явно, они должны различаться. Если *`столбТ`* не задан, в результате запроса должно быть ровно три столбца, и в качестве *`столбТ`* выбирается столбец, отличный от *`столбВ`* и *`столбГ`*.

Вертикальный заголовок, выводимый в самом левом столбце, содержит значения из столбца *`столбВ`*, в том же порядке, в каком их возвращает запрос, но без дубликатов.

Горизонтальный заголовок, выводимый в первой строке, содержит значения из столбца *`столбГ`*, без дубликатов. По умолчанию они располагаются в том порядке, в каком их возвращает запрос. Но если задан необязательный аргумент *`столбсортГ`*, он определяет столбец, который должен содержать целые числа, и тогда значения из *`столбГ`* будут располагаться в горизонтальном заголовке по порядку значений в *`столбсортГ`*.

Внутри перекрёстной таблицы для каждого уникального значения `x` в *`столбГ`* и каждого уникального значения `y` в *`столбВ`*, ячейка, размещённая на пересечении `(x,y)` содержит значение `столбТ` в строке результата запроса, в которой значение *`столбГ`* равно `x`, а значение *`столбВ`* — `y`. Если такой строки не находится, ячейка остаётся пустой. Если же находится несколько таких строк, выдаётся ошибка.

`\d[S+] [` *`шаблон`* `]`

Для каждого отношения (таблицы, представления, материализованного представления, индекса, последовательности, внешней таблицы) или составного типа, соответствующих *`шаблону`*, показывает все столбцы, их типы, табличное пространство (если оно изменено) и любые специальные атрибуты, такие как `NOT NULL` или значения по умолчанию. Также показываются связанные индексы, ограничения, правила и триггеры. Для сторонних таблиц также показывается связанный сторонний сервер. («Соответствие шаблону» определяется ниже в Шаблоны поиска.)

Для некоторых типов отношений `\d` показывает дополнительную информацию по каждому столбцу: значения столбца для последовательностей, индексируемые выражения для индексов и параметры обёртки сторонних данных для сторонних таблиц.

Вариант команды `\d+` похож на `\d`, но выводит больше информации: комментарии к столбцам таблицы, наличие в таблице OID, для представления показывается его определение, отличные от значений по умолчанию установки replica identity.

По умолчанию отображаются только объекты, созданные пользователем. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

> **Примечание**
>
> Если `\d` используется без аргумента *шаблон*, эта команда удобства ради воспринимается как `\dtvmsE` и выдаёт список всех видимых таблиц, представлений, мат. представлений, последовательностей и сторонних таблиц.

`\da[S] [ шаблон ]`

Выводит список агрегатных функций вместе с типом возвращаемого значения и типами данных, которыми они оперируют. Если указан *шаблон*, показываются только те агрегатные функции, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

`\dA[+] [ шаблон ]`

Выводит список методов доступа. Если указан *шаблон*, показываются только те методы доступа, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде для каждого метода доступа показывается его описание и связанная функция-обработчик.

`\dAc[+] [шаблон-методов-доступа [шаблон-входных-типов]]`

Выводит список классов операторов (см. Подраздел 37.16.1). Если указан *шаблон-методов-доступа*, показываются только классы, имена которых соответствует ему. Если указан *шаблон-входных-типов*, показываются только классы операторов, связанные с входными типами, имена которых соответствуют шаблону. При добавлении `+` к команде для каждого класса операторов дополнительно будет выводиться его владелец и связанное с ним семейство операторов.

`\dAf[+] [шаблон-методов-доступа [шаблон-входных-типов]]`

Выводит список семейств операторов (см. Подраздел 37.16.5). Если указан *шаблон-методов-доступа*, показываются только семейства операторов, связанные с методами доступа, имена которых соответствуют шаблону. Если указан *шаблон-входных-типов*, показываются только семейства операторов, связанные с входными типами, имена которых соответствуют шаблону. При добавлении `+` к команде для каждого семейства операторов дополнительно будет выводиться его владелец.

`\dAo[+] [шаблон-методов-доступа [шаблон-семейств-операторов]]`

Выводит список операторов, связанных с семействами операторов (см. Подраздел 37.16.2). Если указан *шаблон-методов-доступа*, показываются только те члены семейств операторов, которые связаны с методами доступа с соответствующими шаблону именами. Если указан *шаблон-семейства-операторов*, показываются только члены тех семейств, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде для каждого оператора дополнительно будет выводиться его семейство сортировки (если это оператор упорядочивания).

`\dAp[+] [шаблон-методов-доступа [шаблон-семейств-операторов]]`

Выводит список опорных функций, связанных с семействами операторов (см. Подраздел 37.16.3). Если указан *шаблон-методов-доступа*, показываются только те функции семейств операторов, которые связаны с методами доступа с соответствующими шаблону именами. Если указан *шаблон-семейства-операторов*, показываются только функции семейств, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к команде функции выводятся в развёрнутом виде, со списками фактических параметров.

`\db[+] [ шаблон ]`

Выводит список табличных пространств. Если указан *шаблон*, показываются только те табличные пространства, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к команде для каждого объекта дополнительно выводятся параметры, объём на диске, права доступа и описание.

`\dc[S+] [ шаблон ]`

Выводит список преобразований между кодировками наборов символов. Если указан *шаблон*, показываются только те преобразования кодировок, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении + к команде для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\dC[+] [ шаблон ]`

Выводит список приведений типов. Если указан *шаблон*, показываются только те приведения типов, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к команде для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\dd[S] [ шаблон ]`

Показывает описания объектов следующих видов: `ограничение`, `класс операторов`, `семейство операторов`, `правило` и `триггер`. Описания остальных объектов можно посмотреть соответствующими метакомандами для этих типов объектов.

`\dd` показывает описания для объектов, соответствующих *шаблону*, или для доступных объектов указанных типов, если аргументы не заданы. Но в любом случае выводятся только те объекты, которые имеют описание. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

Описания объектов создаются SQL-командой COMMENT.

`\dD[S+] [ шаблон ]`

Выводит список доменов. Если указан *шаблон*, показываются только те домены, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении + к команде для каждого объекта дополнительно будут выводиться права доступа и описание.

`\ddp [ шаблон ]`

Выводит список прав доступа по умолчанию. Выводится строка для каждой роли (и схемы, если применимо), для которой права доступа по умолчанию отличаются от встроенных. Если указан *шаблон*, выводятся строки только для тех ролей и схем, имена которых соответствуют ему.

Права доступа по умолчанию устанавливаются командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES. Смысл отображаемых прав объясняется в Разделе 5.7.

`\dE[S+] [ шаблон ]`
`\di[S+] [ шаблон ]`
`\dm[S+] [ шаблон ]`
`\ds[S+] [ шаблон ]`
`\dt[S+] [ шаблон ]`
`\dv[S+] [ шаблон ]`

В этой группе команд буквы `E`, `i`, `m`, `s`, `t` и `v` обозначают соответственно: внешнюю таблицу, индекс, материализованное представление, последовательность, таблицу и представление. Можно указывать все или часть этих букв, в произвольном порядке, чтобы получить список объектов этих типов. Например, `\dit` выводит список таблиц и индексов. При добавлении `+` к имени команды для каждого объекта дополнительно будут выводиться состояние хранения (постоянный, временный, нежурналируемый), физический размер на диске и описание, при наличии. Если указан *шаблон*, выводятся только объекты, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

`\des[+] [ шаблон ]`

Выводит список сторонних серверов (мнемоника: «external servers»). Если указан *шаблон*, выводятся только те серверы, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\des+`, то выводится полное описание каждого сервера, включая права доступа, тип, версию, параметры и описание.

`\det[+] [ шаблон ]`

Выводит список сторонних таблиц (мнемоника: «external tables»). Если указан *шаблон*, выводятся только те записи, имя таблицы или схемы которых соответствуют ему. Если используется форма `\det+`, то дополнительно выводятся общие параметры и описание сторонней таблицы.

`\deu[+] [ шаблон ]`

Выводит список сопоставлений пользователей (мнемоника: «external users»). Если указан *шаблон*, выводятся только сопоставления, в которых имена пользователей соответствуют ему. Если используется форма `\deu+`, то выводится дополнительная информация о каждом сопоставлении пользователей.

Внимание

`\deu+` также может отображать имя и пароль удалённого пользователя, поэтому следует позаботиться о том, чтобы не раскрывать их.

`\dew[+] [ шаблон ]`

Выводит список обёрток сторонних данных (мнемоника: «external wrappers»). Если указан *шаблон*, выводятся только те обёртки сторонних данных, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dew+`, то дополнительно выводятся права доступа, параметры и описание обёртки.

`\df[anptwS+] [ шаблон ]`

Выводит список функций с типами данных их результатов, аргументов и классификацией: «agg» (агрегатная), «normal», (обычная), «procedure» (процедурная), «trigger» (триггерная) или «window» (оконная). Чтобы получить функции только определённого вида (видов), добавьте в команду соответствующие буквы `a`, `n`, `p`, `t` или `w`. Если задан *шаблон*, показываются только те функции, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только функции, созданные пользователями; для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. Если используется форма `\df+`, то дополнительно выводятся характеристики каждой функции: изменчивость, допустимость распараллеливания, владелец, классификация по безопасности, права доступа, язык, исходный код и описание.

Подсказка

Чтобы найти функции с аргументами или возвращаемыми значениями определённого типа данных, воспользуйтесь имеющейся в постраничнике возможностью поиска в выводе `\df`.

`\dF[+] [ шаблон ]`

Выводит список конфигураций текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только те конфигурации, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dF+`, то выводится полное описание для каждой конфигурации, включая базовый синтаксический анализатор и используемые словари для каждого типа фрагментов.

`\dFd[+] [ шаблон ]`

Выводит список словарей текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только словари, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFd+`, то выводится дополнительная информация о каждом словаре, включая базовый шаблон текстового поиска и параметры инициализации.

`\dFp[+] [ шаблон ]`

Выводит список анализаторов текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только те анализаторы, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFp+`, то выводится полное описание для каждого анализатора, включая базовые функции и список типов фрагментов.

`\dFt[+] [ шаблон ]`

Выводит список шаблонов текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только шаблоны, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFt+`, то выводится дополнительная информация о каждом шаблоне, включая имена основных функций.

`\dg[S+] [ шаблон ]`

Выводит список ролей базы данных. (Так как понятия «пользователи» и «группы» были объединены в «роли», эта команда теперь эквивалентна `\du`.) По умолчанию выводятся только роли, созданные пользователями: чтобы увидеть и системные роли, добавьте модификатор `S`. Если указан *шаблон*, выводятся только те роли, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dg+`, то выводится дополнительная информация о каждой роли; в настоящее время это комментарий роли.

`\dl`

Это псевдоним для `\lo_list`, показывает список больших объектов.

`\dL[S+] [ шаблон ]`

Выводит список процедурных языков. Если указан *шаблон*, выводятся только те языки, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только языки, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении `+` к команде для каждого языка дополнительно будут выводиться: обработчик вызова, функция проверки, права доступа и является ли язык системным объектом.

`\dn[S+] [ шаблон ]`

Выводит список схем (пространств имён). Если указан *шаблон*, выводятся только те схемы, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении `+` к команде для каждого объекта дополнительно будут выводиться права доступа и описание, при наличии.

`\do[S+] [ шаблон ]`

Выводит список операторов, их операндов и типы результата. Если указан *шаблон*, выводятся только те операторы, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении `+` к команде для каждого оператора будет выводиться дополнительная информация, сейчас это имя функции, на которой основан оператор.

`\dO[S+] [ шаблон ]`

Выводит список правил сортировки. Если указан *шаблон*, выводятся только те правила, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`. При добавлении `+` к команде для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание, при наличии. Обратите внимание, что отображаются только правила сортировки, применимые к кодировке текущей базы данных, поэтому результат команды может отличаться для различных баз данных этой же установки PostgreSQL.

`\dp [ шаблон ]`

Выводит список таблиц, представлений и последовательностей с их правами доступа. Если указан *шаблон*, отображаются только таблицы, представления и последовательности, имена которых соответствуют ему.

Для установки прав доступа используются команды GRANT и REVOKE. Смысл отображаемых прав объясняется в Разделе 5.7.

`\dP[itn+] [ шаблон ]`

Выводит список секционированных отношений. Если указан *шаблон*, выводятся только те отношения, имена которых соответствуют ему. При добавлении к команде модификатора `t` (tables, таблицы) и `i` (indexes, индексы) список будет фильтроваться по типу отношения. По умолчанию выводятся и секционированные таблицы, и индексы.

При добавлении модификатора `n` («nested», вложенные) или указании шаблона выводятся также вложенные секционированные отношения и дополнительный столбец, показывающий родителя каждого секционированного отношения.

Если к команде добавляется `+`, также выводится суммарный размер всех секций каждого отношения и его описание. Если `+` дополняет модификатор `n`, будут показаны два размера: размер секций, непосредственно связанных с отношением, и общий размер всех секций, включая те, что связаны с отношением опосредованно.

`\drds [ шаблон-ролей [ шаблон-баз ] ]`

Выводит список установленных параметров конфигурации. Эти параметры могут быть специфичными для роли, специфичными для базы данных, или обеих. Параметры *шаблон-ролей* и *шаблон-баз* используются для отбора определённых ролей и баз данных, соответственно. Если они опущены, или указано `*`, выводятся все параметры конфигурации, в том числе не относящиеся к ролям или базам данных.

Команды ALTER ROLE и ALTER DATABASE используются для определения параметров конфигурации, специфичных для роли или базы данных.

`\dRp[+] [ шаблон ]`

Выводит список реплицируемых публикаций. Если указан *шаблон*, выводятся только те подписки, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде для каждой публикации показываются также связанные с ней таблицы.

`\dRs[+] [ шаблон ]`

Выводит список подписок на репликацию. Если указан *шаблон*, выводятся только те подписки, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде выводятся дополнительные свойства подписок.

`\dT[S+] [ шаблон ]`

Выводит список типов данных. Если указан *шаблон*, выводятся только те типы, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде для каждого типа данных дополнительно будет выводиться: внутреннее имя типа, размер, допустимые значения для типа `enum` и права доступа. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

`\du[S+] [ шаблон ]`

Выводит список ролей базы данных. (Так как понятия «пользователи» и «группы» были объединены в «роли», эта команда теперь равнозначна `\dg`.) По умолчанию выводятся только роли, созданные пользователями: чтобы увидеть и системные роли, добавьте модификатор `S`. Если указан *шаблон*, выводятся только те роли, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\du+`, то выводится дополнительная информация о каждой роли; в настоящее время это комментарий роли.

`\dx[+] [ шаблон ]`

Выводит список установленных расширений. Если указан *шаблон*, выводятся только расширения, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dx+`, то для каждого расширения выводятся все принадлежащие ему объекты.

`\dy[+] [ шаблон ]`

Выводит список событийных триггеров. Если указан *шаблон*, выводятся только те событийные триггеры, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к команде для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\e` или `\edit` `[имя_файла] [номер_строки]`

Если указано *имя_файла*, файл открывается для редактирования; после выхода из редактора содержимое файла копируется в буфер текущего запроса. Если *имя_файла* не задано, буфер текущего запроса копируется во временный файл, который затем редактируется тем же образом. Либо, если буфер текущего запроса пуст, во временный файл копируется последний выполненный запрос, и он затем так же редактируется.

Новое содержимое буфера запроса затем разбирается согласно обычным правилам psql, при этом весь буфер обрабатывается как одна строка. Все законченные запросы немедленно выполняются; то есть, если буфер запроса содержит точку с запятой или заканчивается ей, всё его содержимое до этого знака выполняется и удаляется из буфера. Всё остальное содержимое буфера остаётся в нём и повторно выводится на экран. Вы можете ввести точку с запятой или `\g`, чтобы передать его, либо `\r`, чтобы сбросить, очистив буфер запроса.

Прочтение буфера как одной строки в основном отражается на метакомандах: всё, что находится в буфере после метакоманды, будет воспринято как аргументы метакоманды, даже если этот текст продолжается на нескольких строках. (Поэтому таким способом нельзя выполнять скрипты с метакомандами. Для таких скриптов используйте `\i`.)

Если указан номер строки, psql будет позиционировать курсор на указанную строку файла или буфера запроса. Обратите внимание, что если указан один аргумент и он числовой, psql предполагает, что это номер строки, а не имя файла.

Подсказка

Как настроить редактор и изменить его поведение, рассказывается в разделе Переменные окружения.

`\echo текст [ ... ]`

Выводит вычисленные аргументы в устройство стандартного вывода, разделяя их пробелами, с переводом строки в конце. Таким образом можно добавлять дополнительную информацию в вывод скриптов. Например:

```
=> \echo `date`
Tue Oct 26 21:40:57 CEST 1999
```

Если в первом аргументе передаётся `-n` без кавычек, перевод строки в конце не добавляется (и этот первый аргумент не выводится).

> **Подсказка**
>
> Если вы перенаправляете вывод запросов, используя `\o`, возможно, вместо этой команды следует применить `\qecho`. См. также описание `\warn`.

`\ef [`*описание_функции*` [`*номер_строки*`]]`

Эта команда извлекает из базы определение заданной функции или процедуры в форме команды `CREATE OR REPLACE FUNCTION` или `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` и открывает его для редактирования. Редактирование осуществляется таким же образом, как и при выполнении `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда немедленно выполняется, если вы добавили к ней точку с запятой. В противном случае она повторно выводится на экран; вы можете ввести точку с запятой или `\g`, чтобы передать её серверу, либо `\r`, чтобы сбросить.

Для функции может быть задано только имя или имя и аргументы, например `foo(integer, text)`. Типы аргументов необходимы, если существует более чем одна функция с тем же именем.

Если функция не указана, для редактирования открывается пустая заготовка `CREATE FUNCTION`.

Если указан номер строки, psql будет позиционировать курсор на указанную строку тела функции. (Обратите внимание, что тело функции обычно не начинается на первой строке файла).

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\ef`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

> **Подсказка**
>
> Как настроить редактор и изменить его поведение, рассказывается в разделе Переменные окружения.

`\encoding [ `*кодировка*` ]`

Устанавливает кодировку набора символов на клиенте. Без аргумента команда показывает текущую кодировку.

`\errverbose`

Повторяет последнее серверное сообщение об ошибке с максимальным уровнем детализации, как если бы переменная `VERBOSITY` имела значение `verbose`, а `SHOW_CONTEXT` — `always`.

`\ev [`*имя_представления*` [`*номер_строки*`]]`

Эта команда извлекает из базы определение заданного представления в форме команды `CREATE OR REPLACE VIEW`. Редактирование осуществляется таким же образом, как и при выполнении `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда немедленно выполняется, если вы добавили к ней точку с запятой. В противном случае она повторно выводится на экран; вы можете ввести точку с запятой или `\g`, чтобы передать её серверу, либо `\r`, чтобы сбросить.

Если представление не указано, для редактирования открывается пустая заготовка `CREATE VIEW`.

Если указан номер строки, psql установит курсор на заданную строку в определении представления.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\ev`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\f [ строка ]`

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода запросов. По умолчанию используется вертикальная черта (`|`). Равнозначно команде `\pset fieldsep`.

`\g [ (параметр=значение [...]) ] [ имя_файла ]`
`\g [ (параметр=значение [...]) ] [ |команда ]`

Передаёт содержимое буфера текущего запроса серверу для выполнения.

Если после `\g` идут скобки, внутри них содержится разделённый пробелами список определений параметров форматирования в виде *параметр=значение*. Эти определения воспринимаются так же, как и в команде `\pset` *параметр значение*, но устанавливаются только на время выполнения запроса. В этом списке пробелы не должны находится рядом со знаками `=`, но должны разделять определения разных параметров. Если *=значение* опускается, данный *параметр* меняется так же, как и при выполнении `\pset` *параметр* без явно заданного *значения*.

Если в аргументе передаётся *имя_файла* или `|`*команда*, вывод запроса записывается в указанный файл или передаётся через поток заданной команде оболочки, а не отображается как обычно. Вывод направляется в файл или команду, только если запрос успешно вернул 0 или более строк, но не когда запрос завершился неудачно или выполнялась команда, не возвращающая данные.

Если буфер текущего запроса пуст, вместо этого повторно выполняется предыдущий запрос. За исключением этой особенности метакоманда `\g` без аргументов по сути равнозначна точке с запятой. Метакоманда `\g` с аргументами является «одноразовой» альтернативой команде `\o`, и при этом в ней на время выполнения можно задать параметры форматирования вывода, которые обычно устанавливаются командой `\pset`.

Когда последний аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как *команда*, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\gdesc`

Показывает описание (то есть имена и типы данных столбцов) результата текущего запроса в буфере. Сам запрос при этом не выполняется; но если он содержит какие-либо синтаксические ошибки, они выдаются обычным образом.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно описан последний переданный запрос.

`\gexec`

Отправляет буфер текущего запроса на сервер, а затем обрабатывает содержимое каждого столбца каждой строки результата запроса (если он непустой) как SQL-оператор, то есть исполняет его. Например, следующая команда создаст индексы по каждому столбцу `my_table`:

```
=> SELECT format('create index on my_table(%I)', attname)
-> FROM pg_attribute
-> WHERE attrelid = 'my_table'::regclass AND attnum > 0
-> ORDER BY attnum
-> \gexec
CREATE INDEX
CREATE INDEX
CREATE INDEX
CREATE INDEX
```

Генерируемые запросы выполняются в том порядке, в каком возвращаются строки, слева направо, если возвращается несколько столбцов. Поля NULL игнорируются. Эти запросы передаются для обработки на сервер буквально, так что это не могут быть метакоманды psql или запросы, использующие переменные psql. В случае сбоя в одном из запросов, выполнение оставшихся запросов продолжается, если только не установлена переменная `ON_ERROR_STOP`. На выполнение каждого запроса оказывает влияние параметр `ECHO`. (Применяя команду `\gexec`, рекомендуется устанавливать в `ECHO` режим `all` или `queries`.) Такие расширенные средства, как протоколирование запросов, пошаговый режим, замер времени и т. п., так же действуют при выполнении каждого генерируемого запроса.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\gset [ `*`префикс`*` ]`

Отправляет буфер текущего запроса на сервер для выполнения и сохраняет результат запроса в переменных psql (см. раздел Переменные ниже). Выполняемый запрос должен возвращать ровно одну строку. Каждый столбец строки результата сохраняется в отдельной переменной, которая называется так же, как и столбец. Например:

```
=> SELECT 'hello' AS var1, 10 AS var2
-> \gset
=> \echo :var1 :var2
hello 10
```

Если указан *префикс*, то он добавляется в начале к именам переменных:

```
=> SELECT 'hello' AS var1, 10 AS var2
-> \gset result_
=> \echo :result_var1 :result_var2
hello 10
```

Если значение столбца NULL, то вместо присваивания значения соответствующая переменная удаляется.

Если запрос завершается ошибкой или не возвращает одну строку, то никакие переменные не меняются.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\gx [ (`*`параметр`*`=`*`значение`*` [...]) ] [ `*`имя_файла`*` ]`
`\gx [ (`*`параметр`*`=`*`значение`*` [...]) ] [ |`*`команда`*` ]`

Метакоманда `\gx` равнозначна `\g` за исключением того, что она принудительно включает расширенный режим вывода для текущего запроса, так же как делает указание `expanded=on` в списке параметров `\pset`.

`\h` или `\help [ `*`команда`*` ]`

Выводит подсказку по синтаксису указанной команды SQL. Если *команда* не указана, то psql выводит список всех команд, для которых доступна справка. Если в качестве command указана звёздочка (`*`), то выводится справка по всем командам SQL.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\help`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

Примечание

Для упрощения ввода команды, состоящие из нескольких слов, можно не заключать в кавычки. Таким образом, можно просто писать **`\help alter table`**.

`\H` или `\html`

Включает вывод запросов в формате HTML. Если формат HTML уже включён, происходит переключение обратно на выровненный формат. Эта команда используется для совместимости и удобства, но в описании `\pset` вы можете узнать о других вариантах вывода.

`\i` или `\include` *имя_файла*

Читает ввод из файла *имя_файла* и выполняет его, как будто он был набран на клавиатуре.

Если *имя_файла* задано как `-` (минус), читается стандартный ввод до признака конца файла или до метакоманды `\q`. Это может быть полезно для совмещения интерактивного ввода со вводом команд из файлов. Заметьте, что при этом поведение Readline будет применяться, только если оно активно на внешнем уровне.

> **Примечание**
>
> Если вы хотите видеть строки файла на экране по мере их чтения, необходимо установить для переменной `ECHO` значение `all`.

`\if` *выражение*
`\elif` *выражение*
`\else`
`\endif`

Эта группа команд реализует вложенные условные блоки. Условный блок должен начинаться командой `\if` и заканчиваться `\endif`. Между ними может быть любое количество предложений `\elif`, которые могут быть дополнительно завершаться одним предложением `\else`. Между командами, формирующими блок условия, могут размещаться (и обычно размещаются) обычные запросы и другие типы команд в обратных кавычках.

Команды `\if` и `\elif` считывают свои аргументы и вычисляют их как логические выражения. Если выражение выдаёт `true`, обработка продолжается как обычно; в противном случае входные строки пропускаются до достижения соответствующих команд `\elif`, `\else` или `\endif`. Как только проверка `\if` или `\elif` оказывается успешной, аргументы последующих команд `\elif` в том же блоке не вычисляются, а считаются ложными. Строки, следующие за `\else`, обрабатываются только если ни одна из предыдущих проверок `\if` или `\elif` не была успешной.

В аргументе *выражение* команд `\if` и `\elif` производится подстановка переменных и раскрытие кавычек, как и в аргументе любой другой команды с обратной косой чертой. После этого полученное значение оценивается как значение переменной да/нет. Так что допустимым значением будет любое однозначное вхождение без учёта регистра одной из строк (или подстрок): `true`, `false`, `1`, `0`, `on`, `off`, `yes`, `no`. Например, строки `t`, `T` и `tR` все будут восприниматься как `true`.

Если выражения не приводятся к значениям true или false, будет выдано предупреждение, а их результат будет считаться ложным.

Пропускаемые строки разбираются как обычно (в них выявляются запросы и команды с обратной косой чертой), но не передаются серверу, а команды с обратной косой чертой, отличные от условных (`\if`, `\elif`, `\else`, `\endif`), просто игнорируются. В командах условий проверяется только правильность вложенности. Ссылки на переменные в пропускаемых строках не разворачиваются, как не выполняется и раскрытие обратных кавычек.

Все команды с обратной косой чертой в одном условном блоке должны содержаться в одном исходном файле. Если до того, как будут закрыты все локальные блоки `\if`, в основном файле команд будет достигнут конец файла или встретится включение другого файла (команда `\include`), psql выдаст ошибку.

Например:

```
-- проверка существования двух отдельных записей в базе данных и сохранение
-- результатов в двух разных переменных psql
SELECT
    EXISTS(SELECT 1 FROM customer WHERE customer_id = 123) as is_customer,
    EXISTS(SELECT 1 FROM employee WHERE employee_id = 456) as is_employee
\gset
\if :is_customer
    SELECT * FROM customer WHERE customer_id = 123;
\elif :is_employee
    \echo 'is not a customer but is an employee'
    SELECT * FROM employee WHERE employee_id = 456;
\else
    \if yes
        \echo 'not a customer or employee'
    \else
        \echo 'this will never print'
    \endif
\endif
```

`\ir` или `\include_relative` *`имя_файла`*

Команда `\ir` похожа на `\i`, но по-разному интерпретирует относительные имена файлов. При выполнении в интерактивном режиме две команды ведут себя одинаково. Однако при вызове из скрипта `\ir` интерпретирует имена файлов относительно каталога, в котором расположен скрипт, а не текущего рабочего каталога.

`\l[+]` или `\list[+] [` *`шаблон`* `]`

Выводит список баз данных на сервере и показывает их имена, владельцев, кодировку набора символов и права доступа. Если указан *`шаблон`*, выводятся только базы данных, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к команде также отображаются: размер базы данных, табличное пространство по умолчанию и описание. (Информация о размере доступна только для баз данных, к которым текущий пользователь может подключиться.)

`\lo_export` *`oid_БО имя_файла`*

Читает большой объект с заданным *`oid_БО`* из базы данных и записывает его в файл *`имя_файла`*. Обратите внимание, что это несколько отличается от серверной функции `lo_export`, действующей с правами пользователя, от имени которого работает сервер базы данных, и в файловой системе сервера.

> **Подсказка**
>
> Используйте `\lo_list` для получения OID больших объектов.

`\lo_import` *`имя_файла`* `[` *`комментарий`* `]`

Сохраняет файл в большом объекте PostgreSQL. При этом с объектом может быть связан указанный комментарий. Пример:

```
foo=> \lo_import '/home/peter/pictures/photo.xcf' 'a picture of me'
lo_import 152801
```

Ответ указывает на то, что большой объект получил OID 152801, который может быть использован для доступа к вновь созданному объекту в будущем. Для удобства чтения рекомендуется всегда связывать объекты с понятными комментариями. OID и комментарии можно посмотреть с помощью команды `\lo_list`.

Обратите внимание, что это немного отличается от функции сервера `lo_import`, так как действует от имени локального пользователя в локальной файловой системе, а не пользователя сервера в файловой системе сервера.

`\lo_list`

Показывает список всех больших объектов PostgreSQL, хранящихся в базе данных, вместе с предоставленными комментариями.

`\lo_unlink` *`oid_БО`*

Удаляет большой объект с *`oid_БО`* из базы данных.

> **Подсказка**
>
> Используйте `\lo_list` для получения OID больших объектов.

`\o` или `\out [` *`имя_файла`* `]`
`\o` или `\out [ |`*`команда`* `]`

Результаты запросов будут сохраняться в файле *`имя_файла`* или перенаправляться команде оболочки (заданной аргументом *`команда`*). Если аргумент не указан, результаты запросов перенаправляются на стандартный вывод.

Если аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как *`команда`*, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

«Результаты запросов» включают в себя все таблицы, ответы команд, уведомления, полученные от сервера баз данных, а также вывод от метакоманд, обращающихся к базе (таких как `\d`), но не сообщения об ошибках.

> **Подсказка**
>
> Чтобы вставить текст между результатами запросов, используйте `\qecho`.

`\p` или `\print`

Печатает содержимое буфера текущего запроса в стандартный вывод. Если этот буфер пуст, будет напечатан последний выполненный запрос.

`\password [` *`имя_пользователя`* `]`

Изменяет пароль указанного пользователя (по умолчанию, текущего пользователя). Эта команда запрашивает новый пароль, шифрует и отправляет его на сервер в виде команды `ALTER ROLE`. Это гарантирует, что новый пароль не отображается в открытом виде в истории команд, журнале сервера или в другом месте.

`\prompt [` *`текст`* `]` *`имя`*

Предлагает пользователю ввести значение, которое будет присвоено переменной *`имя`*. Дополнительно можно указать *`текст`* подсказки. (Если подсказка состоит из нескольких слов, то её текст нужно взять в одинарные кавычки).

По умолчанию, `\prompt` использует терминал для ввода и вывода. Однако если используется параметр командной строки `-f`, `\prompt` использует стандартный ввод и стандартный вывод.

`\pset [` *`параметр`* `[` *`значение`* `] ]`

Эта команда устанавливает параметры, влияющие на вывод результатов запросов. Указание *`параметр`* определяет, какой параметр требуется установить. Семантика *`значения`* зависит от выбранного параметра. Для некоторых параметров отсутствие *`значения`* означает переключение значения, либо сброс значения, как описано ниже в разделе конкретного параметра. Если такое поведение не упоминается, то пропуск *значения* приводит к отображению текущего значения параметра.

`\pset` без аргументов выводит текущий статус всех параметров команды.

Имеются следующие параметры:

`border`

Здесь *значение* должно быть числом. В целом, чем больше это число, тем больше границ и линий будет в таблицах, но детали зависят от формата. В формате HTML заданное значение напрямую отображается в атрибут `border=...`. Для большинства других форматов имеют смысл только значения 0 (нет границы), 1 (внутренние разделительные линии) и 2 (граница таблицы), а значения больше 2 воспринимаются как `border = 2`. Форматы `latex` и `latex-longtable` дополнительно поддерживают значение 3, добавляющее разделительные линии между строками данных.

`columns`

Устанавливает максимальную ширину для формата `wrapped`, а также ограничение по ширине, свыше которого будет требоваться постраничник или произойдёт переключение в вертикальное отображение при режиме `expanded auto`. При значении 0 (по умолчанию) максимальная ширина управляется переменной среды `COLUMNS` или шириной экрана, если `COLUMNS` не установлена. Кроме того, если `columns` равно нулю, то формат `wrapped` влияет только на вывод на экран. Если `columns` не равно 0, то это также влияет на вывод в файл или в другую команду через канал.

`csv_fieldsep`

Устанавливает разделитель полей для формата вывода CSV. Если символ-разделитель оказывается внутри значения поля, оно выводится в двойных кавычках согласно стандартным правилам CSV. По умолчанию разделителем является запятая.

`expanded` (или `x`)

Указанное *значение* допускает варианты `on` или `off`, которые включают или отключают развёрнутый режим, либо `auto`. Если *значение* опущено, команда включает/отключает режим. Когда развёрнутый режим включён, результаты запроса выводятся в две колонки: имя столбца в левой, данные в правой. Этот режим полезен, если данные не помещаются на экране в обычном «горизонтальном» режиме. При выборе `auto` развёрнутый режим используется, когда результат запроса содержит несколько столбцов и по ширине не умещается на экране; в противном случае используется обычный режим. Режим `auto` распространяется только на форматы `aligned` и `wrapped`. С другими форматами он всегда равнозначен отключённому состоянию.

`fieldsep`

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода запросов. Таким образом, можно формировать вывод, в котором значения будут разделены, например, табуляцией. Это может быть предпочтительным для использования в других программах. Для установки символа табуляции в качестве разделителя полей введите `\pset fieldsep '\t'`. По умолчанию используется вертикальная черта (`'|'`).

`fieldsep_zero`

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода в нулевой байт.

`footer`

Возможны два варианта *значения*: `on` или `off`, которые включают или отключают вывод результирующей строки с количеством выбранных записей `(n строк)`. Если *значение* не указано, то команда переключает текущее значение в `on` или `off`.

`format`

Устанавливает один из следующих форматов вывода: `aligned`, `asciidoc`, `csv`, `html`, `latex`, `latex-longtable`, `troff-ms`, `unaligned` или `wrapped`. Допускается сокращение слова до уникального значения.

Формат `aligned` это стандартный, удобочитаемый, хорошо отформатированный текстовый вывод. Используется по умолчанию.

В формате `unaligned` все столбцы выводятся в одной строке и отделяются друг от друга активным разделителем полей. Это полезно для получения вывода, который будут читать другие программы, например для вывода данных с разделителем Tab или через запятую. При этом, если разделитель окажется в содержимом столбца, этот символ будет выведен как есть; в таких случаях полезнее будет формат CSV.

В формате `csv` значения столбцов выводятся через запятую и могут заключаться в кавычки по правилам, описанным в *RFC 4180*. Вывод этого формата совместим с форматом CSV серверной команды `COPY`. Первой выводится строка с именами столбцов, если только не включён режим `tuples_only`. Верхний и нижний колонтитулы не выводятся. Строки разделяются символами конца строки, зависящими от ОС; обычно это символ новой строки (`\n`) в Unix-подобных системах и комбинация символов перевода каретки и новой строки (`\r\n`) в Microsoft Windows. Отличный от запятой разделитель полей можно установить командой `\pset csv_fieldsep`.

Формат `wrapped` похож на `aligned`, но переносит длинные значения столбцов на новые строки, чтобы общий вывод поместился в заданную ширину. Задание ширины вывода описано в параметре `columns`. Обратите внимание, что psql не будет пытаться переносить на новые строки заголовки столбцов. Поэтому формат `wrapped` работает так же, как `aligned` если общая ширина, требуемая для всех заголовков столбцов, превышает установленную максимальную ширину.

Форматы `asciidoc`, `html`, `latex`, `latex-longtable` и `troff-ms` выводят таблицы, которые предназначены для включения в документы с помощью соответствующего языка разметки. Они не являются полноценными документами! Это может быть не критично для HTML, но для LaTeX обязателен документ-контейнер. Формат `latex` использует среду LaTeX `tabular`, а формат `latex-longtable` требует наличия пакетов `longtable` и `booktabs`.

`linestyle`

Задаёт стиль отрисовки линий границы: `ascii`, `old-ascii` или `unicode`. Допускается сокращение слова до уникального значения. (Это значит, что одной буквы будет достаточно.) Значение по умолчанию: `ascii`. Этот параметр действует только в форматах `aligned` и `wrapped`.

Стиль `ascii` использует обычные символы ASCII. Символы новой строки в данных показываются с использованием символа `+` в правом поле. Когда при формате `wrapped` происходит перенос данных на новую строку (без символа новой строки), ставится точка (`.`) в правом поле первой строки и точка в левом поле следующей строки.

Стиль `old-ascii` использует обычные символы ASCII в стиле PostgreSQL 8.4 и раньше. Символы новой строки в данных отображаются, используя символ `:` вместо левого разделителя полей. Когда происходит перенос данных на новую строку без символа новой строки, символ `;` используется вместо левого разделителя полей.

Стиль `unicode` использует символы Юникода для рисования линий. Символы новой строки в данных показываются с использованием символа возврата каретки в правом поле. Когда при формате `wrapped` происходит перенос данных на новую строку (без символа новой строки), ставится символ многоточия в правом поле первой строки и в левом поле следующей строки.

Когда значение `border` больше нуля, параметр `linestyle` также определяет символы, которыми будут рисоваться границы. Обычные символы ASCII работают везде, но символы Юникода смотрятся лучше на терминалах, распознающих их.

null

Устанавливает строку, которая будет напечатана вместо значения null. По умолчанию не печатается ничего, что можно ошибочно принять за пустую строку. Например, можно было бы предпочесть `\pset null '(null)'`.

numericlocale

Если задаётся *значение*, возможны два варианта: `on` или `off`, которые включают или отключают отображение специфичного для локали символа, разделяющего группы цифр левее десятичной точки. Если *значение* не указано, то команда переключает вывод чисел с локализованного на обычный и обратно.

pager

Управляет использованием постраничника для просмотра результатов запросов и справочной информации psql. Если установлена переменная среды `PSQL_PAGER` или `PAGER`, вывод передаётся указанной программе. В противном случае используется платформозависимая программа по умолчанию (например, `more`).

Если `pager` имеет значение `off`, программа постраничного просмотра (постраничник) не используется. Если `pager` имеет значение `on`, эта программа используется при необходимости, т. е. когда вывод на терминал не помещается на экране. Параметр pager также может иметь значение `always`, при этом постраничник будет использоваться всегда, независимо от того, помещается вывод на экран терминала или нет. Команда `\pset pager` без указания *значения* переключает варианты `on` и `off`.

pager_min_lines

Если в `pager_min_lines` задаётся число, превышающее высоту страницы, программа постраничного вывода не будет вызываться, пока не наберётся заданное число строк для вывода. Значение по умолчанию — 0.

recordsep

Устанавливает разделитель записей (строк) для невыровненного режима вывода. По умолчанию используется символ новой строки.

recordsep_zero

Устанавливает разделитель записей для невыровненного режима вывода в нулевой байт.

tableattr (или T)

Устанавливает атрибуты, которые будут помещены в тег `table`, при формате вывода HTML. Например, это может быть `cellpadding` или `border`. Заметьте, что, вероятно, не нужно здесь задавать `border`, так как для этого уже есть `\pset border`. Если *значение* не задано, атрибуты таблицы удаляются.

В формате `latex-longtable` этот параметр контролирует пропорциональную ширину каждого столбца, данные которого выровнены по левому краю. Он указывается как список разделённых пробелами значений, например `'0.2 0.2 0.6'`. Для столбцов, которым не хватает значений, используется последнее из заданных.

title (или C)

Устанавливает заголовок таблицы для любых впоследствии выводимых таблиц. Это можно использовать для задания описательных тегов при формировании вывода. Если *значение* не задано, заголовок таблицы удаляется.

tuples_only (или t)

Возможны два варианта *значения*: `on` или `off`, которые включают или отключают режим вывода только кортежей. Если *значение* не указано, то команда переключает с режима вывода только кортежей на обычный режим и обратно. Обычный вывод включает в себя дополнительную информацию, такую как заголовки столбцов и различные колонтитулы. В режиме вывода только кортежей отображаются только фактические табличные данные.

`unicode_border_linestyle`

Устанавливает стиль рисования границ для стиля линий `unicode`: `single` (одинарный) или `double` (двойной).

`unicode_column_linestyle`

Устанавливает стиль рисования колонок для стиля линий `unicode`: `single` (одинарный) или `double` (двойной).

`unicode_header_linestyle`

Устанавливает стиль рисования заголовка для стиля линий `unicode`: `single` (одинарный) или `double` (двойной).

Иллюстрацию того, как могут выглядеть различные форматы, можно увидеть в разделе Примеры ниже.

Подсказка

Для некоторых параметров `\pset` есть короткие команды. См. `\a`, `\C`, `\f`, `\H`, `\t`, `\T` и `\x`.

`\q` или `\quit`

Выход из psql. При использовании в скрипте прекращается только выполнение этого скрипта.

`\qecho` *`текст`* `[ ... ]`

Эта команда идентична `\echo` за исключением того, что вывод будет записываться в канал вывода запросов, установленный `\o`.

`\r` или `\reset`

Сбрасывает (очищает) буфер запроса.

`\restrict` *`restrict_key`*

Включает ограниченный режим с заданным ключом. В данном режиме доступна только одна метакоманда: `\unrestrict`, она отключает ограниченный режим. Ключ может содержать только буквенно-цифровые символы.

Данная команда в первую очередь используется для выгрузок текстовых файлов, сгенерированных с помощью утилит pg_dump, pg_dumpall и pg_restore, однако может применяться и для других целей.

`\s [` *`имя_файла`* `]`

Записывает историю команд psql в файл *`имя_файла`*. Если *`имя_файла`* не указано, история команд выводится в стандартный вывод (с использованием постраничника, когда уместно). Этот параметр недоступен, если psql был собран без поддержки Readline.

`\set [` *`имя`* `[` *`значение`* `[ ... ] ] ]`

Задаёт для переменной psql *`имя`* указанное *`значение`* или, если указано несколько значений, все эти значения, соединённые вместе. Если присутствует только один аргумент, значением переменной становится пустая строка. Для сброса переменной используйте команду `\unset`.

`\set` без аргументов выводит имена и значения всех psql переменных, установленных в настоящее время.

Имена переменных могут содержать буквы, цифры и знаки подчёркивания. Подробнее см. раздел Переменные ниже. Имена переменных чувствительны к регистру.

Некоторые переменные отличаются от остальных, тем что управляют поведением psql или устанавливаются автоматически, отражая состояние соединения. Они описаны ниже, в разделе Переменные.

> **Примечание**
>
> Эта команда не имеет отношения к SQL-команде SET.

`\setenv` *`имя`* `[` *`значение`* `]`

Задаёт для переменной среды *`имя`* *`значение`* или, если *`значение`* не задано, удаляет переменную среды. Пример:

```
testdb=> \setenv PAGER less
testdb=> \setenv LESS -imx4F
```

`\sf[+]` *`описание_функции`*

Эта команда извлекает из базы и выводит определение заданной функции или процедуры в форме команды `CREATE OR REPLACE FUNCTION` или `CREATE OR REPLACE PROCEDURE`. Определение выдаётся в текущий канал вывода запроса, установленный `\o`.

Для функции может быть задано только имя или имя и аргументы, например `foo(integer, text)`. Типы аргументов необходимы, если существует более чем одна функция с тем же именем.

При добавлении `+` к команде строки вывода нумеруются, первая строка тела функции получит номер 1.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\sf`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\sv[+]` *`имя_представления`*

Извлекает из базы данных и выводит определение указанного представления в форме команды `CREATE OR REPLACE VIEW`. Определение выводится в текущий канал вывода запросов, установленный `\o`.

При добавлении `+` к команде строки вывода нумеруются, начиная с 1.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\sv`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\t`

Включает/выключает отображение имён столбцов и результирующей строки с количеством выбранных записей для запросов. Эта команда эквивалентна `\pset tuples_only` и предоставлена для удобства.

`\T` *`параметры_таблицы`*

Устанавливает атрибуты, которые будут помещены в тег `table` при формате вывода HTML. Эта команда эквивалентна `\pset tableattr` *`параметры_таблицы`*.

`\timing [` *`on`* `|` *`off`* `]`

С параметром данная команда, в зависимости от него, включает/отключает отображение времени выполнения каждого SQL-оператора. Без параметра она меняет состояние отображения на противоположное. Время выводится в миллисекундах; интервалы больше 1 секунды выводятся в формате минуты:секунды, а при необходимости в вывод также добавляются часы и дни.

`\unrestrict` *`restrict_key`*

Выключает ограниченный режим (режим, в котором все другие метакоманды заблокированы) при условии, что используемый ключ совпадает с ключом, заданным при включении ограниченного режима командой `\restrict`.

Данная команда в первую очередь используется для выгрузок текстовых файлов, сгенерированных с помощью утилит pg_dump, pg_dumpall и pg_restore, однако может применяться и для других целей.

`\unset` *`имя`*

Удаляет psql переменную *`имя`*.

Большинство переменных, управляющих поведением psql, нельзя сбросить; команда `\unset` для них воспринимается как установка значений по умолчанию. См. раздел Переменные ниже.

`\w` или `\write` *`имя_файла`*
`\w` или `\write |`*`команда`*

Выводит буфер текущего запроса в файл *`имя_файла`* или через канал в команду оболочки *`команда`*. Если этот буфер пуст, будет выведен последний выполненный запрос.

Если аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как *`команда`*, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\warn` *`текст`* `[ ... ]`

Эта команда идентична `\echo` за исключением того, что её вывод выдаётся в поток вывода ошибок psql, а не в поток стандартного вывода.

`\watch [` *`секунды`* `]`

Эта команда многократно выполняет текущий запрос в буфере (как `\g`), пока не будет прервана или не возникнет ошибка. Аргумент задаёт количество секунд ожидания между выполнениями запроса (по умолчанию 2). Результат каждого запроса выводится с заголовком, включающим строку `\pset title` (если она задана), время запуска запроса и интервал задержки.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\x [` *`on`* `|` *`off`* `|` *`auto`* `]`

Устанавливает или переключает режим развёрнутого вывода таблицы. Это эквивалентно `\pset expanded`.

`\z [` *`шаблон`* `]`

Выводит список таблиц, представлений и последовательностей с их правами доступа. Если указан *`шаблон`*, отображаются только таблицы, представления и последовательности, имена которых соответствуют ему.

Это псевдоним для `\dp` («показать права доступа»).

`\! [` *`команда`* `]`

Без аргументов запускает подчинённую оболочку; когда эта оболочка завершается, psql продолжает работу. Если добавлен аргумент, запускает команду оболочки *`команда`*.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\!`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Этот текст просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\? [ тема ]`

Показывает справочную информацию. Необязательный параметр *тема* (по умолчанию `commands`) выбирает описание интересующей части psql: `commands` описывает команды psql с обратной косой чертой; `options` описывает параметры командной строки, которые можно передать psql; а `variables` выдаёт справку по переменным конфигурации psql.

`\;`

Точка с запятой после косой черты не является метакомандой в том смысле, что предыдущие; при её вводе в буфер просто добавляется точка с запятой без обработки.

Обычно psql передаёт SQL-команду серверу, как только встречает завершающую команду точку с запятой, даже если текущая строка на этом не заканчивается. Так, например, при вводе

```
select 1; select 2; select 3;
```

на сервер по отдельности будут переданы три SQL-команды, и результат каждой команды будет выведен перед переходом к следующей. Однако если точка с запятой вводится как `\;`, команда не передаётся на обработку, так что команды до и после этих символов по сути объединяются и передаются серверу в одном запросе. Поэтому, например, при выполнении

```
select 1\; select 2\; select 3;
```

серверу передаются сразу три SQL-команды при достижении неэкранированной точки с запятой. Сервер выполняет такой запрос как одну транзакцию, если только в строку не включены явные команды `BEGIN`/`COMMIT`, которые разделят её на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 52.2.2.1.) psql выводит результат только последнего запроса из всей строки. Так, в последнем примере psql выводит только `3`, хотя на самом деле выполнялись все три команды.

Шаблоны поиска

Различные `\d` команды принимают параметр *шаблон* для указания имени (имён) объектов для отображения. В простейшем случае шаблон — это точное имя объекта. Символы внутри шаблона обычно приводятся к нижнему регистру, как и для имён SQL-объектов; к примеру `\dt FOO` выводит таблицу с именем `foo`. Как и для SQL имён, двойные кавычки вокруг шаблона предотвращают перевод в нижний регистр. Для включения символа двойной кавычки в шаблон используются два символа двойных кавычек подряд внутри шаблона в двойных кавычках. Опять же, это соответствует правилам для SQL-идентификаторов. Например `\dt "FOO""BAR"` будет выводить таблицу с именем `FOO"BAR` (но не `foo"bar`). В отличие от обычных правил для SQL-имён, можно взять в двойные кавычки только часть шаблона, например `\dt FOO"FOO"BAR` будет выводить таблицу с именем `fooFOObar`.

Если *шаблон* вообще не указан, команды `\d` выводят все объекты, видимые с текущим путём поиска схем. Это эквивалентно указанию `*` в качестве шаблона. (Объект считается *видимым*, если схема, к которой он относится, находится в пути поиска, и объект с таким же типом и именем в пути поиска ещё не встречался. Это эквивалентно утверждению, что на объект можно ссылаться по имени, без явного указания схемы.) Чтобы увидеть все объекты в базе данных, независимо от видимости, используйте в качестве шаблона `*.*`.

Внутри шаблона `*` обозначает любое количество символов, включая отсутствие символов. `?` соответствует любому одному символу. (Это соответствует шаблонам имён файлов в Unix.) Например, `\dt int*` отображает все таблицы, имена которых начинаются на `int`. Однако внутри двойных кавычек `*` и `?` теряют своё специальное значение и становятся обычными символами.

Шаблон, содержащий точку (`.`), интерпретируется как шаблон имени схемы, за которым следует шаблон имени объекта. Например, `\dt foo*.*bar*` отображает все таблицы, имена которых включают `bar`, и расположенные в схемах, имена которых начинаются с `foo`. Шаблону, не содержащему точку, могут соответствовать только объекты текущей схемы. Опять же, точка внутри двойных кавычек теряет своё специальное значение.

Опытные пользователи могут использовать возможности регулярных выражений, такие как классы символов. Например [0-9] соответствует любой цифре. Все специальные символы регулярных выражений работают как описано в Подразделе 9.7.3, за исключением: . используется в качестве разделителя, как говорилось выше; * соответствует регулярному выражению .*; ? соответствует ., а также символ $, который не имеет специального значения. При необходимости эти символы можно эмулировать указывая ? для эмуляции ., (*R*+|) для *R**, (*R*|) для *R*?. $ не требуется, как символ регулярного выражения, потому что шаблон должен соответствовать имени целиком, в отличие от обычной интерпретации регулярных выражений (другими словами, $ автоматически добавляется в шаблон). Используйте * в начале и/или в конце, если не хотите, чтобы шаблон закреплялся. Обратите внимание, что внутри двойных кавычек, все специальные символы регулярных выражений теряют своё специальное значение и соответствуют сами себе. Также, специальные символы регулярных выражений не действуют в шаблонах для имён операторов (т. е. в аргументе команды \do).

Расширенные возможности

Переменные

psql предоставляет возможности подстановки переменных подобные тем, что используются в командных оболочках Unix. Переменные представляют собой пары имя/значение, где значением может быть любая строка любой длины. Имя должно состоять из букв (включая нелатинские буквы), цифр и знаков подчёркивания.

Чтобы установить переменную, используется метакоманда psql \set. Например:

```
testdb=> \set foo bar
```

присваивает переменной foo значение bar. Чтобы получить значение переменной, нужно поставить двоеточие перед её именем, например:

```
testdb=> \echo :foo
bar
```

Это работает как в обычных SQL-командах, так и в метакомандах; подробности в разделе Интерполяция SQL ниже.

При вызове \set без второго аргумента переменной присваивается пустая строка. Для сброса (то есть удаления) переменной используйте команду \unset. Чтобы посмотреть значения всех переменных, вызовите \set без аргументов.

> **Примечание**
>
> На аргументы \set распространяются те же правила подстановки, что и для других команд. Таким образом можно создавать интересные ссылки, например \set :foo 'something', получая «мягкие ссылки» в Perl или «переменные переменных» в PHP. К сожалению (или к счастью?), с этими конструкциями нельзя сделать ничего полезного. С другой стороны, \set bar :foo является прекрасным способом копирования переменной.

Некоторые переменные обрабатываются в psql особым образом. Они представляют собой определённые параметры, которые могут быть изменены во время выполнения путём присваивания нового значения, а в некоторых переменных содержится изменяемое состояние psql. По соглашению, имена специальных переменных состоят только из заглавных ASCII-букв (и, возможно, цифр и знаков подчёркивания). Для максимальной совместимости в будущем старайтесь не использовать такие имена для собственных переменных.

Переменные, управляющие поведением psql, обычно нельзя сбросить или задать для них недопустимые значения. Команда \unset для них допускается, но воспринимается как установка значения по умолчанию. Команда \set без второго аргумента воспринимается как присваивание переменной значения on, для управляющих переменных, принимающих это значение, и не принимается для других. Также управляющие переменные, принимающие значения `on` и `off`, примут и другие общепринятые написания логических значений, например `true` и `false`.

Специальные переменные:

`AUTOCOMMIT`

При значении `on` (по умолчанию) после каждой успешно выполненной команды выполняется фиксация изменений. Чтобы отложить фиксацию изменений в этом режиме, нужно выполнить SQL-команду `BEGIN` или `START TRANSACTION`. При значении `off` или если переменная не определена, фиксация изменений не происходит до тех пор, пока явно не выполнена команда `COMMIT` или `END`. При значении `off` неявно выполняется `BEGIN` непосредственно перед любой командой, за исключением случаев когда: команда уже в транзакционном блоке; перед самой командой `BEGIN` или другой командой управления транзакциями; перед командой, которая не может выполняться внутри транзакционного блока (например `VACUUM`).

> **Примечание**
>
> Если режим `autocommit` отключён, необходимо явно откатывать изменения в неуспешных транзакциях, выполняя команду `ABORT` или `ROLLBACK`. Также имейте в виду, что при выходе из сеанса без фиксации изменений несохранённые изменения будут потеряны.

> **Примечание**
>
> Включённый режим `autocommit` является традиционным для PostgreSQL, а выключенный режим ближе к спецификации SQL. Если вы предпочитаете отключить режим `autocommit`, это можно сделать в общесистемном файле `psqlrc` или в персональном файле `~/.psqlrc`.

`COMP_KEYWORD_CASE`

Определяет, какой регистр букв будет использован при автоматическом завершении ключевых слов SQL. Если установлено в `lower` или `upper`, будет использоваться нижний или верхний регистр соответственно. Если установлено в `preserve-lower` или `preserve-upper` (по умолчанию), то завершаемое слово будет в том же регистре, что и уже введённое начало слова, но последующие слова, завершаемые полностью, будут в нижнем или верхнем регистре соответственно.

`DBNAME`

Имя базы данных, к которой вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

`ECHO`

Со значением `all` все непустые входящие строки выдаются в стандартный вывод по мере их чтения. (Это не относится к строкам, считываемым интерактивно.) Чтобы выбрать такое поведение при запуске программы, добавьте ключ `-a`. Со значением `queries` psql выдаёт каждый запрос, отправляемый серверу, в стандартный вывод. Этому значению соответствует ключ `-e`. Со значением `errors` в стандартный поток ошибок выдаются только запросы, вызвавшие ошибки. Ему соответствует ключ `-b`. Со значением `none` (по умолчанию), никакие запросы не выводятся.

`ECHO_HIDDEN`

Если эта переменная имеет значение `on` и метакоманда обращается к базе данных, сначала выводится текст нижележащего запроса. Это помогает изучать внутреннее устройство PostgreSQL и реализовывать похожую функциональность в своих программах. (Чтобы включить такое поведение при запуске программы, воспользуйтесь ключом `-E`.) Если вы зададите для этой переменной значение `noexec`, запросы будут просто показываться, но не будут отправляться на сервер и выполняться. Значение по умолчанию — `off`.

`ENCODING`

Текущая кодировка символов на стороне клиента. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы) и при смене кодировки командой `\encoding`, но эту переменную можно изменить или сбросить.

`ERROR`

`true` в случае ошибки последнего SQL-запроса, `false`, если он был выполнен успешно. См. также `SQLSTATE`.

`FETCH_COUNT`

Если значение этой переменной — целое число больше нуля, результаты запросов `SELECT` извлекаются из базы данных и отображаются группами с заданным количеством строк, в отличие от поведения по умолчанию, когда перед отображением результирующий набор накапливается целиком. Это позволяет использовать ограниченный размер памяти независимо от размера выборки. При включении этой функциональности обычно используются значения от 100 до 1000. Имейте в виду, что запрос может завершиться ошибкой после отображения некоторого количества строк.

Подсказка

Хотя можно использовать любой формат вывода, формат по умолчанию `aligned` как правило выглядит хуже, потому что каждая группа по `FETCH_COUNT` строк форматируется отдельно, что может привести к разной ширине столбцов в разных группах. Остальные форматы вывода работают лучше.

`HIDE_TABLEAM`

Если эта переменная равна `true`, информация о методах доступа таблицы не выводится. Это полезно прежде всего для регрессионных тестов.

`HISTCONTROL`

Если переменная имеет значение `ignorespace`, строки, начинающиеся с пробела, не сохраняются в истории. Если она имеет значение `ignoredups`, в историю не добавляются строки, которые в ней уже есть. Значение `ignoreboth` объединяет эти два варианта. Со значением `none` (по умолчанию) в истории сохраняются все строки, считываемые в интерактивном режиме.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

`HISTFILE`

Имя файла, в котором будет сохраняться список истории команд. Если эта переменная не определена, имя файла берётся из переменной окружения `PSQL_HISTORY`. Если и она не задана, используется имя по умолчанию — `~/.psql_history` или `%APPDATA%\postgresql\psql_history` в Windows. Например, если установить:

```
\set HISTFILE ~/.psql_history- :DBNAME
```

в `~/.psqlrc`, psql будет вести отдельный файл истории для каждой базы данных.

> **Примечание**
>
> Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

`HISTSIZE`

Максимальное число команд, которые будут сохраняться в истории команд (по умолчанию 500). Если задано отрицательное значение, ограничение не накладывается.

> **Примечание**
>
> Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

`HOST`

Имя компьютера, где работает сервер базы данных, к которому вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

`IGNOREEOF`

Если равно 1 или меньше, символ конца файла (EOF, обычно передаётся сочетанием клавиш **Control+D**) в интерактивном сеансе psql завершит работу приложения. Если значение больше 1, оно определяет, сколько последовательных символов EOF нужно ввести, чтобы завершить интерактивный сеанс. Если значение переменной не является числовым, оно воспринимается как 10. По умолчанию — 0.

> **Примечание**
>
> Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

`LASTOID`

Содержит значение последнего OID, полученного командой `INSERT` или `\lo_import`. Корректное значение переменной гарантируется до тех пор, пока не будет отображён результат следующей SQL-команды. Серверы PostgreSQL с 12 версии не поддерживают системные столбцы OID, поэтому при обращении к таким серверам после `INSERT` всегда будет выдаваться нулевой LASTOID.

`LAST_ERROR_MESSAGE`
`LAST_ERROR_SQLSTATE`

Основное сообщение об ошибке и связанный код SQLSTATE для последнего неудавшегося запроса в текущем сеансе psql либо пустая строка и `00000`, если в текущем сеансе не происходили ошибки.

`ON_ERROR_ROLLBACK`

При значении `on`, если команда в блоке транзакции выдаёт ошибку, ошибка игнорируется и транзакция продолжается. Со значением `interactive` такие ошибки игнорируются только в интерактивных сеансах, но не в скриптах. Со значением `off` (по умолчанию) команда в блоке транзакции, выдающая ошибку, прерывает всю транзакцию. Для реализации режима отката транзакции за вас неявно выполняется команда `SAVEPOINT` непосредственно перед каждой командой в блоке транзакции, а в случае ошибки команды происходит откат к этой точке сохранения.

`ON_ERROR_STOP`

По умолчанию, после возникновения ошибки обработка команд продолжается. Если эта переменная установлена в значение `on`, обработка команд будет немедленно прекращена. В интерактивном режиме psql вернётся в командную строку; иначе psql прекратит работу с кодом возврата 3, чтобы отличить этот случай от критических ошибок, для которых используется код возврата 1. В любом случае выполнение всех запущенных скриптов (высокоуровневый скрипт и любые другие, которые он мог запустить) будет немедленно прекращено. Если высокоуровневая командная строка содержит несколько SQL-команд, выполнение завершится на текущей команде.

`PORT`

Содержит порт сервера базы данных, к которому вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

`PROMPT1`
`PROMPT2`
`PROMPT3`

Указывают, как должны выглядеть приглашения psql. См. раздел Настройка приглашений ниже.

`QUIET`

Установка значения `on` эквивалента параметру командной строки `-q`. Это, вероятно, не слишком полезно в интерактивном режиме.

`ROW_COUNT`

Число строк, возвращённых или обработанных последним SQL-запросом, либо 0, если запрос завершился неудачно или не возвратил количество строк.

`SERVER_VERSION_NAME`
`SERVER_VERSION_NUM`

Номер версии сервера в виде строки, например `9.6.2`, `10.1` или `11beta1`, и в числовом виде, например, `90602` или `100001`. Они устанавливаются при каждом подключении к базе данных (в том числе при запуске программы), но их можно изменить или сбросить.

`SHOW_CONTEXT`

Этой переменной можно присвоить значения `never` (никогда), `errors` (ошибки) или `always` (всегда), определяющие, когда в сообщениях с сервера будут выводиться поля `КОНТЕКСТ`. По умолчанию выбран вариант `errors` (который означает, что контекст будет выводиться в сообщениях об ошибках, но не в предупреждениях и уведомлениях). Этот параметр не действует, когда установлен уровень `VERBOSITY` `terse` или `sqlstate`. (Когда вам потребуется подробная версия только что выданной ошибки, может быть полезна команда `\errverbose`.)

`SINGLELINE`

Установка значения `on` эквивалентна параметру командной строки `-S`.

`SINGLESTEP`

Эта переменная эквивалентна параметру командной строки `-s`.

`SQLSTATE`

Код ошибки (см. Приложение A), связанной с неудачным выполнением последнего SQL-запроса, либо `00000` в случае его успешного завершения.

`USER`

Содержит имя пользователя базы данных, который сейчас подключён. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

VERBOSITY

Этой переменной можно присвоить значения default, verbose, terse или sqlstate для изменения уровня детализации в сообщениях об ошибках. (См. также команду \errverbose, полезную, когда требуется подробная версия только что выданной ошибки.)

VERSION
VERSION_NAME
VERSION_NUM

Эти переменные устанавливаются при запуске программы и отражают версию psql соответственно в виде развёрнутой строки, краткой строки (например, 9.6.2, 10.1 или 11beta1) и числа (например, 90602 или 100001). Их можно изменить или сбросить.

Интерполяция SQL

Ключевой особенностью переменных psql является возможность подставлять («интерполировать») их в команды SQL, так же как и в аргументы метакоманд. Кроме того, psql предоставляет средства для корректного использования кавычек для значений переменных, которые используются как литералы или идентификаторы SQL. Чтобы подставить значение без кавычек, нужно добавить перед именем переменной двоеточие (:). Например:

```
testdb=> \set foo 'my_table'
testdb=> SELECT * FROM :foo;
```

будет запрашивать таблицу my_table. Обратите внимание, что это может быть небезопасным: значение переменной копируется буквально, поэтому оно может содержать непарные кавычки или даже метакоманды. При применении необходимо убедиться, что это имеет смысл.

Когда значение будет использоваться в качестве SQL литерала или идентификатора, безопаснее заключить его в кавычки. Если значение переменной используется как SQL литерал, то после двоеточия нужно написать имя переменной в одинарных кавычках. Если значение переменной используется как SQL идентификатор, то после двоеточия нужно написать имя переменной в двойных кавычках. Эти конструкции корректно работают с кавычками и другими специальными символами, которые могут содержаться в значении переменной. Предыдущий пример более безопасно выглядит так:

```
testdb=> \set foo 'my_table'
testdb=> SELECT * FROM :"foo";
```

Подстановка переменных не будет выполняться, если SQL литералы или идентификаторы заключены в кавычки. Поэтому конструкция ':foo' не превратится во взятое в кавычки значение переменной (и это было бы небезопасно, если бы работало, так как обработка кавычек внутри значения переменной была бы некорректной).

Один из примеров использования данного механизма — это копирование содержимого файла в столбец таблицы. Сначала загрузим содержимое файла в переменную, затем подставим значение переменной как строку в кавычках:

```
testdb=> \set content `cat my_file.txt`
testdb=> INSERT INTO my_table VALUES (:'content');
```

(Отметим, что это пока не будет работать, если my_file.txt содержит байт NUL. psql не поддерживает NUL в значениях переменных.)

Так как двоеточие может легально присутствовать в SQL-командах, попытка подстановки (например для :name, :'name' или :"name") не выполняется, если переменная не установлена. В любом случае можно экранировать двоеточие с помощью обратной косой черты, чтобы предотвратить подстановку.

Специальная конструкция :{?*имя*} возвращает TRUE или FALSE в зависимости от того, существует ли переменная, и таким образом всегда подменяется значением, если только двоеточие не экранировано обратной косой чертой.

Использование двоеточия для переменных является стандартом SQL для встраиваемых языков запросов, таких как ECPG. Использование двоеточия для срезов массивов и приведения типов является расширениями PostgreSQL, что иногда может конфликтовать со стандартным использованием. Использование двоеточия и кавычек для экранирования значения переменной при подстановке в качестве SQL литерала или идентификатора — это расширение psql.

Настройка приглашений

Приглашения, выдаваемые psql, можно настроить по своему вкусу. Три переменные `PROMPT1`, `PROMPT2` и `PROMPT3` содержат строки и спецпоследовательности, задающие внешний вид приглашения. Приглашение 1 (`PROMPT1`) — это обычное приглашение, которое выдаётся, когда psql ожидает ввода новой команды. Приглашение 2 (`PROMPT2`) выдаётся, когда при вводе команды ожидается дополнительные строки, например потому что команда не была завершена точкой с запятой или не закрыты кавычки. Приглашение 3 (`PROMPT3`) выдаётся при выполнении SQL-команды `COPY FROM STDIN`, когда в терминале нужно ввести значение новой строки.

Значения этих переменных выводятся буквально, за исключением случаев, когда в них встречается знак процента (`%`). В зависимости от следующего символа будет подставляться определённый текст. Существуют следующие подстановки:

`%M`

Полное имя компьютера (с именем домена) сервера базы данных или `[local]`, если подключение выполнено через Unix-сокет, либо `[local:/каталог/имя]`, если при компиляции был изменён путь Unix-сокета по умолчанию.

`%m`

Имя компьютера, где работает сервер баз данных, усечённое до первой точки или `[local]`, если подключение выполнено через Unix-сокет.

`%>`

Номер порта, который прослушивает сервер базы данных.

`%n`

Имя пользователя базы данных для текущего сеанса. (Это значение может меняться в течение сеанса в результате выполнения команды `SET SESSION AUTHORIZATION`.)

`%/`

Имя текущей базы данных.

`%~`

Похоже на `%/`, но выводит тильду `~`, если текущая база данных совпадает с базой данных по умолчанию.

`%#`

Если пользователь текущего сеанса является суперпользователем базы данных, то выводит `#`, иначе `>`. (Это значение может меняться в течение сеанса в результате выполнения команды `SET SESSION AUTHORIZATION`.)

`%p`

PID обслуживающего процесса для текущего подключения.

`%R`

В приглашении 1 это обычно символ `=`, но `@`, если сеанс находится в неактивной ветви блока условия, либо `^` в однострочном режиме либо `!`, если сеанс не подключён к базе данных (что возможно при ошибке `\connect`). В приглашении 2 `%R` заменяется символом, показывающим, почему psql ожидает дополнительный ввод: `-`, если команда просто ещё не была завершена, но `*`, если не завершён комментарий `/* ... */`; апостроф, если не завершена строка в апострофах; кавычки, если не завершён идентификатор в кавычках; знак доллара, если не завершена строка в долларах; либо `(`, если после открывающей скобки не хватает закрывающей. В приглашении 3 `%R` не выдаёт ничего.

`%x`

Состояние транзакции: пустая строка, если не в транзакционном блоке; `*`, когда в транзакционном блоке; `!`, когда в транзакционном блоке, в котором произошла ошибка и `?`, когда состояние транзакции не определено (например, нет подключения к базе данных).

`%l`

Номер строки в текущем операторе, начиная с `1`.

`%`*`цифры`*

Подставляется символ с указанным восьмеричным кодом.

`%:`*`имя`*`:`

Значение переменной psql *`имя`*. За подробностями обратитесь к разделу Переменные выше.

`` %` ``*`команда`*`` ` ``

Подставляется вывод *`команды`*, как и в обычной подстановке с обратными апострофами.

`%[` ... `%]`

Приглашения могут содержать управляющие символы терминала, которые, например, изменяют цвет, фон и стиль текста приглашения или изменяют заголовок окна терминала. Для того, чтобы возможности редактирования Readline работали правильно, непечатаемые символы нужно расположить между `%[` и `%]`, чтобы сделать невидимыми. Можно делать несколько таких включений в приглашение. Например:

```
testdb=> \set PROMPT1 '%[%033[1;33;40m%]%n@%/%R%[%033[0m%]%# '
```

выдаст жирное (`1;`), желтое на черном (`33;40`) приглашение для VT100 совместимых цветных терминалов.

`%w`

Пробелы, дающие тот же отступ, что и в выданном последним приглашении `PROMPT1`. Это значение можно использовать в `PROMPT2`, чтобы многострочные операторы были выровнены по первой строке, но при этом вторичного приглашения не было видно.

Чтобы вставить знак процента, нужно написать `%%`. По умолчанию для `PROMPT1` и `PROMPT2` используется значение `'%/%R%x%# '`, а для `PROMPT3` — `'>> '`.

> **Примечание**
>
> Эта функциональность была бессовестно списана с tcsh.

Редактирование командной строки

psql поддерживает библиотеку Readline для удобного редактирования командной строки. История команд автоматически сохраняется при выходе из psql и загружается при запуске. Завершение клавишей `TAB` также поддерживается, хотя логика завершения не претендует на роль анализатора SQL. Запросы, генерируемые завершением по `TAB`, также могут конфликтовать с другими командами SQL, например `SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL`. Если по какой-либо причине вам не нравится завершение по клавише `TAB`, его можно отключить в файле `.inputrc` в вашем домашнем каталоге:

```
$if psql
set disable-completion on
$endif
```

(Это возможность не psql, а Readline. Читайте документацию к Readline для дополнительной информации.)

Переменные окружения

`COLUMNS`

Если `\pset columns` равно нулю, управляет шириной формата вывода `wrapped`, а также определяет, нужно ли использовать постраничник и нужно ли переключаться в вертикальный формат в режиме `expanded auto`.

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию (см. Раздел 33.14).

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

`PSQL_EDITOR`
`EDITOR`
`VISUAL`

Редактор, используемый командами `\e`, `\ef` и `\ev`. Эти переменные рассматриваются в том же порядке; в силу вступает первое установленное значение. Если ни одна из переменных не установлена, по умолчанию в Unix-системах используется `vi`, а в Windows — `notepad.exe`.

`PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG`

Если в командах `\e`, `\ef` или `\ev` указан номер строки, эта переменная задаёт аргумент командной строки, с которым номер строки может быть передан в редактор. Например, для редакторов Emacs и vi это знак плюс. Добавьте в конец значения пробел, если он требуется для отделения имени аргумента от номера строки. Примеры:

```
PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG='+'
PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG='--line '
```

Значение по умолчанию `+` в Unix-подобных системах (соответствует редактору по умолчанию `vi` и многим другим распространённым редакторам). На платформе Windows нет значения по умолчанию.

`PSQL_HISTORY`

Альтернативное расположение файла с историей команд. Допускается использование тильды (`~`).

`PSQL_PAGER`
`PAGER`

Если результат запроса не помещается на экране, он пропускается через эту программу. Обычно это `more` или `less`. От использования постраничника можно отказаться, присвоив переменной `PSQL_PAGER` или `PAGER` пустую строку, либо изменив соответствующие параметры с помощью команды `\pset`. Данные переменные просматриваются в этом же порядке; используется первая установленная. Если не установлена ни одна из переменных, в большинстве платформ используется `more`, а в Cygwin — `less`.

PSQLRC

Альтернативное расположение пользовательского файла .psqlrc. Допускается использование тильды (~).

SHELL

Команда операционной системы, выполняемая метакомандой \!.

TMPDIR

Каталог для хранения временных файлов. По умолчанию /tmp.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Файлы

psqlrc и ~/.psqlrc

При запуске без параметра -X программа psql пытается считать и выполнить команды из общесистемного стартового файла (psqlrc), а затем из персонального стартового файла пользователя (~/.psqlrc), после подключения к базе данных, но перед получением обычных команд. Этими файлами можно воспользоваться для настройки клиента и/или сервера, как правило, с помощью команд \set и SET.

Общесистемный стартовый файл называется psqlrc, он будет искаться в каталоге установки «конфигурация системы». Для того чтобы узнать этот каталог, надёжнее всего выполнить команду pg_config --sysconfdir. По умолчанию он расположен в ../etc/ относительно каталога, содержащего исполняемые файлы PostgreSQL. Имя этого каталога можно задать явно через переменную окружения PGSYSCONFDIR.

Персональный стартовый файл пользователя называется .psqlrc, он будет искаться в домашнем каталоге вызывающего пользователя. В Windows, где отсутствует такое понятие, персональный стартовый файл называется %APPDATA%\postgresql\psqlrc.conf. Расположение персонального стартового файла пользователя можно задать явно через переменную окружения PSQLRC.

Оба стартовых файла, общесистемный и персональный, можно привязать к конкретной версии psql. Для этого в конце имени файла нужно добавить номер основного или корректирующего релиза PostgreSQL, например ~/.psqlrc-9.2 или ~/.psqlrc-9.2.5. При наличии нескольких файлов, файл с более детальным номером версии будет иметь предпочтение.

.psql_history

История командной строки хранится в файле ~/.psql_history или %APPDATA%\postgresql\psql_history на Windows.

Расположение файла истории можно задать явно через переменную psql HISTFILE или через переменную окружения PSQL_HISTORY.

Примечания

- psql лучше всего работает с серверами той же или более старой основной версии. Сбой метакоманды наиболее вероятен, если версия сервера новее, чем версия psql. Однако команды семейства \d должны работать с версиями сервера до 7.4, хотя и необязательно с серверами новее, чем сам psql. Общая функциональность запуска SQL-команд и отображения результатов запросов также должна работать на серверах с более новой основной версией, но это не гарантируется во всех случаях.

  Если вы хотите, применяя psql, подключаться к нескольким серверам с различными основными версиями, рекомендуется использовать последнюю версию psql. Также можно собрать копии psql от каждой основной версии и использовать ту, которая соответствует версии сервера. Но на практике в этих дополнительных сложностях нет необходимости.

- В PostgreSQL до версии 9.6 параметр `-c` подразумевал `-X` (`--no-psqlrc`); теперь это не так.
- В PostgreSQL до 8.4 программа psql могла принять первый аргумент однобуквенной команды с обратной косой чертой сразу после команды, без промежуточного пробела. Теперь разделительный пробельный символ обязателен.

Замечания для пользователей Windows

psql создан как «консольное приложение». Поскольку в Windows консольные окна используют кодировку символов отличную от той, что используется для остальной системы, нужно проявить особую осторожность при использовании 8-битных символов. Если psql обнаружит проблемную кодовую страницу консоли, он предупредит вас при запуске. Чтобы изменить кодовую страницу консоли, необходимы две вещи:

- Задать кодовую страницу, выполнив **`cmd.exe /c chcp 1251`**. (1251 это кодовая страница для России, замените на ваше значение.) При использовании Cygwin, эту команду можно записать в `/etc/profile`.
- Установите консольный шрифт в `Lucida Console`, потому что растровый шрифт не работает с кодовой страницей ANSI.

Примеры

Первый пример показывает, что для ввода одной команды может потребоваться несколько строк. Обратите внимание, как меняется приглашение:

```
testdb=> CREATE TABLE my_table (
testdb(>  first integer not null default 0,
testdb(>  second text)
testdb-> ;
CREATE TABLE
```

Теперь посмотрим на определение таблицы:

```
testdb=> \d my_table
             Таблица "public.my_table"
 Столбец |   Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
 first   | integer |                    | not null          |            0
 second  | text    |                    |                   |
```

Теперь изменим приглашение на что-то более интересное:

```
testdb=> \set PROMPT1 '%n@%m %~%R%# '
peter@localhost testdb=>
```

Предположим, что вы внесли данные в таблицу и хотите на них посмотреть:

```
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
 first | second
-------+--------
     1 | Один
     2 | Два
     3 | Три
     4 | Четыре
(4 строки)
```

Таблицу можно вывести разными способами при помощи команды `\pset`:

```
peter@localhost testdb=> \pset border 2
Установлен стиль границ 2.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
+-------+--------+
```

```
| first | second |
+-------+--------+
|     1 | Один   |
|     2 | Два    |
|     3 | Три    |
|     4 | Четыре |
+-------+--------+
(4 строки)

peter@localhost testdb=> \pset border 0
Установлен стиль границ 0.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
first second
----- ------
    1 один
    2 два
    3 три
    4 четыре
(4 строки)

peter@localhost testdb=> \pset border 1
Установлен стиль границ 1.
peter@localhost testdb=> \pset format csv
Формат вывода: csv.
peter@localhost testdb=> \pset tuples_only
Режим вывода только кортежей включён.
peter@localhost testdb=> SELECT second, first FROM my_table;
один,1
два,2
три,3
четыре,4
peter@localhost testdb=> \pset format unaligned
Формат вывода: unaligned.
peter@localhost testdb=> \pset fieldsep '\t'
Разделитель полей: "	".
peter@localhost testdb=> SELECT second, first FROM my_table;
один	1
два	2
три	3
четыре	4
```

Также можно использовать короткие команды:

```
peter@localhost testdb=> \a \t \x
Формат вывода: aligned.
Режим вывода только кортежей выключен.
Расширенный вывод включён.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
-[ RECORD 1 ]-
first  | 1
second | Один
-[ RECORD 2 ]-
first  | 2
second | Два
-[ RECORD 3 ]-
first  | 3
second | Три
-[ RECORD 4 ]-
first  | 4
```

```
second | Четыре
```

Кроме того, эти параметры формата можно задать только для одного запроса, выполняя команду `\g`:

```
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table
peter@localhost testdb-> \g (format=aligned tuples_only=off expanded=on)
-[ RECORD 1 ]-
first  | 1
second | Один
-[ RECORD 2 ]-
first  | 2
second | Два
-[ RECORD 3 ]-
first  | 3
second | Три
-[ RECORD 4 ]-
first  | 4
second | Четыре
```

Когда это уместно, результаты запроса можно просмотреть в виде перекрёстной таблицы с помощью команды `\crosstabview`:

```
testdb=> SELECT first, second, first > 2 AS gt2 FROM my_table;
 first | second | gt2
-------+--------+-----
     1 | one    | f
     2 | two    | f
     3 | three  | t
     4 | four   | t
(4 rows)

testdb=> \crosstabview first second
 first | one | two | three | four
-------+-----+-----+-------+------
     1 | f   |     |       |
     2 |     | f   |       |
     3 |     |     | t     |
     4 |     |     |       | t
(4 rows)
```

Второй пример показывает таблицу умножения, строки в которой отсортированы в обратном числовом порядке, а столбцы — независимо, по возрастанию числовых значений.

```
testdb=> SELECT t1.first as "A", t2.first+100 AS "B", t1.first*(t2.first+100) as "AxB",
testdb(> row_number() over(order by t2.first) AS ord
testdb(> FROM my_table t1 CROSS JOIN my_table t2 ORDER BY 1 DESC
testdb(> \crosstabview "A" "B" "AxB" ord
 A | 101 | 102 | 103 | 104
---+-----+-----+-----+-----
 4 | 404 | 408 | 412 | 416
 3 | 303 | 306 | 309 | 312
 2 | 202 | 204 | 206 | 208
 1 | 101 | 102 | 103 | 104
(4 rows)
```

reindexdb

reindexdb — переиндексировать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

`reindexdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [`-S` | `--schema` *схема*] ... [`-t` | `--table` *таблица*] ... [`-i` | `--index` *индекс*] ... [*dbname*]

`reindexdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] `-a` | `--all`

`reindexdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] `-s` | `--system` [*dbname*]

Описание

Утилита reindexdb предназначена для перестроения индексов в базе данных PostgreSQL.

Утилита reindexdb представляет собой обёртку SQL-команды REINDEX. Переиндексация базы данных с её помощью по сути не отличается от переиндексации при обращении к серверу другими способами.

Параметры

reindexdb принимает следующие аргументы командной строки:

`-a`
`--all`

Переиндексировать все базы данных.

`--concurrently`

Использовать режим `CONCURRENTLY`. Все особенности этого режима подробно описаны в REINDEX.

`[-d]` *dbname*
`[--dbname=]`*dbname*

Указывает имя базы данных для переиндексации, когда не используется параметр `-a`/`--all`. Если это указание отсутствует, имя базы определяется переменной окружения `PGDATABASE`. Если эта переменная не установлена, именем базы будет имя пользователя, указанное для подключения. В аргументе *имя_бд* может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`-e`
`--echo`

Выводить команды, которые reindexdb генерирует и передаёт серверу.

`-i` *индекс*
`--index=`*индекс*

Пересоздать только указанный *индекс*. Добавив дополнительные ключи `-i`, можно пересоздать несколько индексов.

`-j` *число_заданий*
`--jobs=`*число_заданий*

Выполнять команды переиндексации в параллельном режиме, запуская их одновременно в количестве *число_заданий*. Это может сократить время обработки, но при этом увеличить нагрузку на сервер.

reindexdb будет устанавливать несколько подключений к базе данных (в количестве *число_заданий*), так что убедитесь в том, что значение max_connections достаточно велико, чтобы все эти подключения были приняты.

Заметьте, что этот параметр несовместим с параметрами `--index` и `--system`.

`-q`
`--quiet`

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

`-s`
`--system`

Переиндексировать только системные каталоги базы данных.

`-S` *схема*
`--schema=`*схема*

Переиндексировать только указанную *схему*. Переиндексировать несколько схем можно, добавив несколько ключей `-S`.

`-t` *таблица*
`--table=`*таблица*

Переиндексировать только указанную *таблицу*. Переиндексировать несколько таблиц можно, добавив несколько ключей `-t`.

`-v`
`--verbose`

Вывести подробную информацию во время процесса.

`-V`
`--version`

Сообщить версию reindexdb и завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки reindexdb и завершиться.

Утилита reindexdb также принимает следующие аргументы командной строки в качестве параметров подключения:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как reindexdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, reindexdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=`*`dbname`*

Указывает имя базы данных, к которой будет выполняться подключение для определения подлежащих переиндексации баз данных, когда используется ключ `-a`/`--all`. Если это имя не указано, будет выбрана база `postgres`, а если она не существует — `template1`. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке. Кроме того, все параметры в строке подключения, за исключением имени базы, будут использоваться и при подключении к другим базам данных.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к описаниям REINDEX и psql, где обсуждаются потенциальные проблемы и сообщения об ошибках. Учтите, что на целевом компьютере должен работать сервер баз данных. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека libpq.

Примечания

Утилите reindexdb может потребоваться подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз, и при этом она будет каждый раз запрашивать пароль. В таких случаях удобно иметь файл `~/.pgpass`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.15.

Примеры

Переиндексирование базы данных `test`:

```
$ reindexdb test
```

Переиндексирование таблицы `foo` и индекса `bar` в базе данных `abcd`:

```
$ reindexdb --table=foo --index=bar abcd
```

См. также

REINDEX

vacuumdb

vacuumdb — выполнить очистку и анализ базы данных PostgreSQL

Синтаксис

`vacuumdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] [`-t` | `--table` *таблица* [(*столбец* [,...])]] ... [*dbname*]

`vacuumdb` [*параметр-подключения*...] [*параметр*...] `-a` | `--all`

Описание

Утилита vacuumdb предназначена для очистки базы данных PostgreSQL. Кроме того, vacuumdb генерирует внутреннюю статистику, которую использует оптимизатор запросов PostgreSQL.

Утилита vacuumdb представляют собой обёртку SQL-команды VACUUM. Выполнение очистки и анализа баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения тех же действий при обращении к серверу другими способами.

Параметры

Утилита vacuumdb принимает следующие аргументы командной строки:

`-a`
`--all`

Очистить все базы данных.

`[-d]` *dbname*
`[--dbname=]`*dbname*

Указывает имя базы данных для очистки или анализа, когда не используется параметр `-a`/`--all`. Если это указание отсутствует, имя базы определяется переменной окружения `PGDATABASE`. Если эта переменная не задана, именем базы будет имя пользователя, указанное для подключения. В аргументе *имя_бд* может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке.

`--disable-page-skipping`

Запретить пропуск страниц в зависимости от содержимого карты видимости.

> **Примечание**
>
> Этот параметр доступен только для серверов PostgreSQL версии 9.6 и новее.

`-e`
`--echo`

Выводить команды, которые vacuumdb генерирует и передаёт серверу.

`-f`
`--full`

Произвести «полную» очистку.

`-F`
`--freeze`

Агрессивно «замораживать» версии строк.

`-j число_заданий`
`--jobs=число_заданий`

Выполнять команды очистки и анализа в параллельном режиме, запуская их одновременно в количестве *`число_заданий`*. Это может сократить время обработки, но при этом увеличить нагрузку на сервер.

vacuumdb будет устанавливать несколько подключений к базе данных (в количестве *`число_заданий`*), так что убедитесь в том, что значение max_connections достаточно велико, чтобы все эти подключения были приняты.

Заметьте, что использование этого режима с параметром `-f` (`FULL`) может привести к отказам из-за взаимоблокировок, если параллельно начнут обрабатываться определённые системные каталоги.

`--min-mxid-age возраст_мультитранзакции`

Выполнять команды очистки и анализа только для таблиц, имеющих не менее чем заданный *`возраст_мультитранзакции`*. Этот параметр полезен для выбора таблиц, первоочередная обработка которых поможет предотвратить зацикливание идентификаторов мультитранзакций (см. Подраздел 24.1.5.1).

Применительно к данному параметру возрастом мультитранзакции для отношения считается наибольший из возрастов основного отношения и связанной с ним таблицы TOAST, если она существует. Так как команды, выполняемые утилитой vacuumdb, будут при необходимости обрабатывать не только отношение, но и таблицу TOAST, связанную с ним, рассматривать их возрасты по отдельности не имеет смысла.

> **Примечание**
>
> Этот параметр доступен только для серверов PostgreSQL версии 9.6 и новее.

`--min-xid-age возраст_транзакции`

Выполнять команды очистки и анализа только для таблиц, имеющих не менее чем заданный *`возраст_транзакции`*. Этот параметр полезен для выбора таблиц, обработка которых в первую очередь поможет предотвратить зацикливание идентификаторов транзакций (см. Подраздел 24.1.5).

Применительно к данному параметру возрастом транзакции для отношения считается наибольший из возрастов основного отношения и связанной с ним таблицы TOAST, если она существует. Так как команды, выполняемые утилитой vacuumdb, будут при необходимости обрабатывать не только отношение, но и таблицу TOAST, связанную с ним, рассматривать их возрасты по отдельности не имеет смысла.

> **Примечание**
>
> Этот параметр доступен только для серверов PostgreSQL версии 9.6 и новее.

`-P параллельные_исполнители`
`--parallel=параллельные_исполнители`

Задаёт количество параллельных исполнителей для *параллельной очистки*. Это позволяет в ходе очистки задействовать мощности нескольких процессоров для обработки индексов. См. VACUUM.

> **Примечание**
>
> Этот параметр доступен только для серверов PostgreSQL версии 13 и новее.

`-q`
`--quiet`

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

`--skip-locked`

Пропускать отношения, которые не удаётся немедленно заблокировать для обработки.

> **Примечание**
>
> Этот параметр доступен только для серверов PostgreSQL версии 12 и новее.

`-t` *`таблица`* `[ (`*`столбец`*` [,...]) ]`
`--table=`*`таблица`*` [ (`*`столбец`*` [,...]) ]`

Производить очистку или анализ только указанной *`таблицы`*. Имена столбцов можно указать только в сочетании с параметрами `--analyze` и `--analyze-only`. Добавив дополнительные ключи `-t`, можно обработать несколько таблиц.

> **Подсказка**
>
> Если вы указываете столбцы, вам, вероятно, придётся экранировать скобки в оболочке. (См. примеры ниже.)

`-v`
`--verbose`

Вывести подробную информацию во время процесса.

`-V`
`--version`

Сообщить версию vacuumdb и завершиться.

`-z`
`--analyze`

Также вычислить статистику для оптимизатора.

`-Z`
`--analyze-only`

Только вычислить статистику для оптимизатора (не производить очистку).

`--analyze-in-stages`

Только вычислить статистику для оптимизатора (без очистки), подобно `--analyze-only`. Но для скорейшего получения полезной статистики, выполнить анализ в несколько проходов (в настоящее время, три) с разными параметрами.

Этот параметр полезен при необходимости провести анализ базы данных, только что наполненной данными из архива или командой `pg_upgrade`. С этим параметром vacuumdb постарается получить некоторую статистику как можно скорее, чтобы базой можно было пользоваться, а на следующих проходах вычислит полную статистику.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки vacuumdb и завершиться.

Утилита vacuumdb также принимает следующие аргументы командной строки в качестве параметров подключения:

`-h` *`сервер`*
`--host=`*`сервер`*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p` *`порт`*
`--port=`*`порт`*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как vacuumdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, vacuumdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=`*`dbname`*

Указывает имя базы данных, к которой будет выполняться подключение для определения подлежащих очистке баз данных, когда используется ключ `-a`/`--all`. Если это имя не указано, будет выбрана база `postgres`, а если она не существует — `template1`. В данном аргументе может задаваться строка подключения. В этом случае параметры в строке подключения переопределяют одноимённые параметры, заданные в командной строке. Кроме того, все параметры в строке подключения, за исключением имени базы, будут использоваться и при подключении к другим базам данных.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к описаниям VACUUM и psql, где обсуждаются потенциальные проблемы и сообщения об ошибках. Учтите, что на целевом компьютере должен работать сервер баз данных. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека libpq.

Примечания

Утилите vacuumdb может потребоваться подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз, и при этом она будет каждый раз запрашивать пароль. В таких случаях удобно иметь файл `~/.pgpass`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.15.

Примеры

Очистка базы данных `test`:

```
$ vacuumdb test
```

Очистка и анализ для оптимизатора базы данных `bigdb`:

```
$ vacuumdb --analyze bigdb
```

Очистка одной таблицы `foo` в базе данных `xyzzy` и анализ только столбца `bar` таблицы для оптимизатора:

```
$ vacuumdb --analyze --verbose --table='foo(bar)' xyzzy
```

См. также

VACUUM

Серверные приложения PostgreSQL

В этой части содержится справочная информация о серверных приложениях и вспомогательных утилитах PostgreSQL. Описываемые команды могут быть полезны только на том компьютере, где работает сервер баз данных. Другие утилиты рассмотрены в Справке: «Клиентские приложения PostgreSQL».

initdb

initdb — создать кластер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

`initdb` [*параметр*...] [`--pgdata` | `-D`]*каталог*

Описание

Команда `initdb` создаёт новый кластер баз данных PostgreSQL. Кластер — это коллекция баз данных под управлением единого экземпляра сервера.

Инициализация кластера базы данных заключается в создании каталогов для хранения данных, формировании общих системных таблиц (относящихся ко всему кластеру, а не к какой-либо базе) и создании баз данных `template1` и `postgres`. Впоследствии все новые базы создаются на основе шаблона `template1` (все дополнения, установленные в `template1` автоматически копируются в каждую новую базу данных). База `postgres` используется пользователями, утилитами и сторонними приложениями по умолчанию.

При попытке создать каталог для хранения данных `initdb` может столкнуться с нехваткой прав доступа, если этот каталог принадлежит суперпользователю root. В таком случае необходимо назначить пользователя базы данных владельцем этого каталога при помощи `chown`. Затем выполнить `su` для смены пользователя и дальнейшего выполнения `initdb`.

Команда `initdb` должна выполняться от имени пользователя, под которым будет запускаться сервер, так как ему необходим полный доступ к файлам и каталогам, создаваемым `initdb`. Сервер не может запускаться от имени суперпользователя, поэтому выполнение команды `initdb` от его лица будет отклонено.

Из соображений безопасности новый кластер, созданный программой `initdb`, будет доступен только для владельца кластера. Ключ `--allow-group-access` позволяет разрешить чтение файлов в кластере всем пользователям, входящим в группу владельца кластера. Это полезно для выполнения резервного копирования от имени непривилегированного пользователя.

`initdb` инициализирует локали и кодировки баз данных кластера, которые будут использоваться по умолчанию. Кодировка, порядок сортировки (`LC_COLLATE`), классы наборов символов (`LC_CTYPE`, например, заглавные, строчные буквы, цифры) могут устанавливаться раздельно при создании новой базы данных. `initdb` определяет параметры локали для шаблона `template1`, которые будут применяться по умолчанию для новых баз.

Чтобы изменить порядок сортировки по умолчанию или классы наборов символов, используются параметры `--lc-collate` и `--lc-ctype`. Порядок сортировки, отличающийся от `C` или `POSIX`, оказывает влияние на производительность. Поэтому необходимо тщательно выбирать необходимую и достаточную локаль при выполнении `initdb`.

Другие категории локали можно изменить и после старта сервера. Также можно использовать параметр `--locale`, чтобы задать локаль для всех категорий одновременно, включая порядок сортировки и классы наборов символов. Значения локалей сервера (`lc_*`) можно вывести командой `SHOW ALL`. Узнать об этом больше можно в Разделе 23.1.

Для изменения кодировки по умолчанию используется параметр `--encoding`. Узнать об этом больше можно в Разделе 23.3.

Параметры

`-A authmethod`
`--auth=authmethod`

Параметр определяет метод аутентификации по умолчанию для локальных пользователей, используемый в файле `pg_hba.conf` (строки `host` и `local`). Программа `initdb` предварительно внесёт указанный метод аутентификации в `pg_hba.conf` в записи как обычных соединений, так и соединений репликации.

Не используйте `trust`, если не можете доверять всем локальным пользователям в вашей системе. Режим `trust` используется по умолчанию для облегчения процесса установки.

`--auth-host=authmethod`

Параметр указывает метод аутентификации для локальных пользователей, подключающихся по TCP/IP, используемый в `pg_hba.conf` (строки `host`).

`--auth-local=authmethod`

Параметр выбирает метод аутентификации локальных пользователей, подключающихся через Unix-сокет, используемый в `pg_hba.conf` (строки `local`).

`-D каталог`
`--pgdata=каталог`

Параметр указывает каталог хранения данных кластера. Это единственный обязательный параметр для команды `initdb`. При этом его можно указать в переменной окружения `PGDATA`, что будет удобным при дальнейшем использовании (`postgres` обращается к этой же переменной).

`-E кодировка`
`--encoding=кодировка`

Устанавливает кодировку шаблона и новых баз данных по умолчанию, если не указать иное при их создании. По умолчанию устанавливается исходя из указанной локали, и далее, если не удалось определить, выбирается `SQL_ASCII`. Кодировки, поддерживаемые сервером PostgreSQL, описаны в Подразделе 23.3.1.

`-g`
`--allow-group-access`

Позволяет пользователям, входящим в группу владельца кластера, читать все файлы кластера, создаваемые программой `initdb`. В Windows этот ключ не работает, так как там не поддерживаются разрешения для группы в стиле POSIX.

`-k`
`--data-checksums`

Применять контрольные суммы на страницах данных для выявления сбоев при вводе/выводе, которые иначе останутся незамеченными. Расчёт контрольных сумм может повлечь заметное снижение производительности. Когда контрольные суммы включены, они рассчитываются для всех объектов и во всех базах данных. Все ошибки контрольных сумм будут видны в представлении `pg_stat_database`.

`--locale=локаль`

Устанавливает локаль кластера по умолчанию. Если флаг не указан, локаль устанавливается согласно окружению, в котором исполняется команда `initdb`. Поддерживаемые локали описаны в Разделе 23.1.

`--lc-collate=`*локаль*
`--lc-ctype=`*локаль*
`--lc-messages=`*локаль*
`--lc-monetary=`*локаль*
`--lc-numeric=`*локаль*
`--lc-time=`*локаль*

Аналогично `--locale` устанавливает необходимую локаль, но в заданной категории.

`--no-locale`

Аналогично флагу `--locale=C`.

`-N`
`--no-sync`

По умолчанию `initdb` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `initdb` завершается быстрее, без ожидания, но в случае неожиданного сбоя операционной системы каталог данных может оказаться испорченным. Этот параметр может быть полезен при тестировании; в производственной среде применять его не следует.

`--pwfile=`*имя_файла*

Принуждает `initdb` читать пароль суперпользователя базы данных из файла, первая строка которого используется в качестве пароля.

`-S`
`--sync-only`

Безопасно записывает все файлы базы на диск и останавливается. Другие операции initdb при этом не выполняются.

`-T` *конфигурация*
`--text-search-config=`*конфигурация*

Устанавливает конфигурацию текстового поиска по умолчанию. За дополнительными сведениями обратитесь к default_text_search_config.

`-U` *имя_пользователя*
`--username=`*имя_пользователя*

Устанавливает имя суперпользователя базы данных. По умолчанию используется имя пользователя ОС, запустившего `initdb`. По факту, само по себе имя суперпользователя базы данных не важно, но этот параметр позволяет оставить привычное postgres, если имя пользователя ОС другое.

`-W`
`--pwprompt`

Указывает `initdb` запросить пароль, который будет назначен суперпользователю базы данных. Это не важно, если не планируется использовать аутентификацию по паролю. В ином случае этот режим аутентификации оказывается неприменимым, пока пароль не задан.

`-X` *каталог*
`--waldir=`*каталог*

Этот параметр указывает каталог для хранения журнала предзаписи.

`--wal-segsize=`*размер*

Задаёт *размер сегмента WAL*, в мегабайтах. Такой размер будет иметь каждый отдельный файл в журнале WAL. По умолчанию размер равен 16 мегабайтам. Значение должно задаваться степенью 2 от 1 до 1024 (в мегабайтах). Этот параметр можно установить только во время инициализации и нельзя изменить позже.

Этот размер бывает полезно поменять при тонкой настройке трансляции или архивации WAL. Кроме того, в базах данных с WAL большого объёма огромное количество файлов WAL в каталоге может стать проблемой с точки зрения производительности и администрирования. Увеличение размера файлов WAL приводит к уменьшению числа этих файлов.

Другие реже используемые параметры описаны здесь:

`-d`
`--debug`

Выводит отладочные сообщения загрузчика и ряд других сообщений, не очень интересных широкой публике. Загрузчик — это приложение `initdb`, используемое для создания каталога таблиц. С этим параметром выдаётся очень много крайне скучных сообщений.

`-L` *каталог*

Указывает `initdb`, где необходимо искать входные файлы для развёртывания кластера. Обычно это не требуется. Приложение само запросит эти данные, если будет необходимо.

`-n`
`--no-clean`

По умолчанию, при выявлении ошибки на этапе развёртывания кластера, `initdb` удаляет все файлы, которые к тому моменту были созданы. Параметр предотвращает очистку файлов для целей отладки.

Прочие параметры:

`-V`
`--version`

Выводит версию initdb и останавливается.

`-?`
`--help`

Показывает помощь по аргументам команды initdb и останавливается.

Переменные окружения

`PGDATA`

Указывает каталог хранения данных кластера, можно изменить параметром `-D`.

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

`TZ`

Указывает часовой пояс кластера по умолчанию. Значение — это полное имя часового пояса (см. Подраздел 8.5.3).

Примечания

`initdb` можно выполнить командой `pg_ctl initdb`.

См. также

pg_ctl, postgres

pg_archivecleanup

pg_archivecleanup — вычистить файлы архивов WAL PostgreSQL

Синтаксис

`pg_archivecleanup` [*параметр*...] *расположение_архива* *старейший_сохраняемый_файл*

Описание

Утилита pg_archivecleanup предназначена для использования в качестве `archive_cleanup_command` для удаления старых файлов WAL на резервном сервере (см. Раздел 26.2). pg_archivecleanup можно использовать и как отдельную программу для выполнения тех же действий.

Чтобы использовать pg_archivecleanup на резервном сервере, добавьте эту строку в файл конфигурации `postgresql.conf`:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup расположение_архива %r'
```

Здесь *расположение_архива* определяет каталог, из которого должны удаляться файлы сегментов WAL.

Вызываемая в качестве archive_cleanup_command, эта программа просматривает *расположение_архива* и удаляет все файлы WAL, логически предшествующие значению аргумента `%r`. Целью этой операции является сокращение числа сохраняемых файлов без потери возможности восстановления при перезапуске. Такой вариант использования уместен, когда *расположение_архива* указывает на область рабочих файлов конкретного резервного сервера, но *не* когда *расположение_архива* — каталог с архивом WAL для долговременного хранения, или когда несколько резервных серверов восстанавливают записи WAL из одного расположения.

При отдельном использовании этой программы из каталога *расположение_архива* будут удалены все файлы WAL, логически предшествующие файлу *старейший_сохраняемый_файл*. В этом режиме, если вы укажете имя файла с расширением `.partial` или `.backup`, *старейший_сохраняемый_файл* будет определяться по имени без расширения. Благодаря такой интерпретации расширения `.backup` будут корректно удалены все файлы WAL, заархивированные до определённой базовой копии. Например, следующая команда удалит все файлы старее файла WAL с именем `000000010000003700000010`:

```
pg_archivecleanup -d archive 000000010000003700000010.00000020.backup

pg_archivecleanup:  keep WAL file "archive/000000010000003700000010" and later
pg_archivecleanup:  removing file "archive/00000001000000370000000F"
pg_archivecleanup:  removing file "archive/00000001000000370000000E"
```

pg_archivecleanup рассчитывает на то, что *расположение_архива* доступно для чтения и записи пользователю, владеющему серверным процессом.

Параметры

pg_archivecleanup принимает следующие аргументы командной строки:

`-d`

Выводить подробные отладочные сообщения в `stderr`.

`-n`

Вывести имена файлов, которые должны быть удалены, в `stdout` (не выполняя удаление).

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_archivecleanup и завершиться.

`-x` *`расширение`*

Установить расширение, которое будет убрано из имён файлов до принятия решения об удалении определённых файлов. Это обычно полезно для очистки файлов архивов, которые сжимаются для хранения и получают расширение, задаваемое программой сжатия. Например: `-x .gz`.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_archivecleanup и завершиться.

Переменные окружения

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Программа pg_archivecleanup рассчитана на работу с PostgreSQL 8.0 и новее как отдельная утилита, а также с PostgreSQL 9.0 и новее как команда очистки архива.

Программа pg_archivecleanup написана на C; её исходный код легко поддаётся модификации (он содержит секции, предназначенные для изменения при надобности)

Примеры

В системах Linux или Unix можно использовать команду:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup -d /mnt/standby/archive %r 2>>cleanup.log'
```

Предполагается, что каталог архива физически располагается на резервном сервере, так что команда `archive_command` обращается к нему по NFS, но для резервного сервера эти файлы локальные. Эта команда будет:

- выводить отладочную информацию в `cleanup.log`
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

См. также

pg_standby

pg_checksums

pg_checksums — включить, отключить или проверить контрольные суммы данных в кластере PostgreSQL

Синтаксис

`pg_checksums` [*параметр*...] [[`-D` | `--pgdata`]*каталог_данных*]

Описание

Утилита pg_checksums позволяет проверить, включить или отключить контрольные суммы данных в кластере PostgreSQL. Перед запуском pg_checksums сервер должен быть остановлен в штатном режиме. При проверке контрольных сумм она возвращает нулевой код состояния, если ошибок не найдено, либо ненулевой код, если обнаружится хотя бы одна ошибка. При включении или отключении контрольных сумм ненулевой код завершения показывает, что выполнить операцию не удалось.

В процессе проверки контрольных сумм проверяется каждый файл в кластере. При включении контрольных сумм каждый файл в кластере перезаписывается на месте, а при отключении изменяется только файл `pg_control`.

Параметры

Принимаются следующие параметры командной строки:

`-D` *каталог*
`--pgdata=`*каталог*

Указывает каталог, в котором располагается кластер баз данных.

`-c`
`--check`

Запускает проверку контрольных сумм. Это режим по умолчанию, который выбирается, когда не указан никакой другой.

`-d`
`--disable`

Отключает контрольные суммы.

`-e`
`--enable`

Включает контрольные суммы.

`-f` *файловый_узел*
`--filenode=`*файловый_узел*

Проверять контрольные суммы только в отношении, которому соответствует указанный *файловый_узел*.

`-N`
`--no-sync`

По умолчанию `pg_checksums` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_checksums` завершается быстрее, без ожидания, но в случае неожиданного сбоя операционной системы каталог с изменёнными файлами может повредиться. Этот параметр может быть полезен при тестировании; в производственной среде применять его не следует. В режиме `--check` он не оказывает никакого влияния.

`-P`
`--progress`

Включает вывод сообщений о прогрессе. Эти сообщения будут выводиться при проверке или включении контрольных сумм.

`-v`
`--verbose`

Выводить подробные сообщения, в частности список всех проверенных файлов.

`-V`
`--version`

Выводит версию pg_checksums и завершает работу.

`-?`
`--help`

Показывает справку по аргументам командной строки pg_checksums и завершает работу.

Переменные окружения

`PGDATA`

Указывает каталог, в котором располагается кластер баз данных; может переопределяться параметром `-D`.

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Включение контрольных сумм в большом кластере может занять продолжительное время. Пока эта операция не закончится, нельзя запускать сервер или другие программы, которые могут произвести запись в каталог данных, иначе возможна потеря данных.

В конфигурациях, где организована репликация, и она осуществляется путём непосредственного копирования блоков отношений на уровне файлов (например, с помощью pg_rewind), включение или отключение контрольных сумм может привести к повреждению страниц (а именно, расхождению контрольных сумм), если эта операция не будет выполнена согласованно на всех узлах. Поэтому в подобных конфигурациях рекомендуется остановить все кластеры, с тем чтобы одновременно переключить их в другой режим. Ещё один безопасный вариант — ликвидировать все ведомые серверы, произвести нужную операцию на ведущем, а затем создать ведомые серверы заново.

Если pg_checksums прерывается или работающий процесс уничтожается при включении или отключении контрольных сумм, конфигурация контрольных сумм в кластере остаётся неизменной, и pg_checksums можно перезапустить ещё раз для повторения невыполненной операции.

pg_controldata

pg_controldata — вывести управляющую информацию кластера баз данных PostgreSQL

Синтаксис

`pg_controldata` [*параметр*] [[`-D` | `--pgdata`]*каталог_данных*]

Описание

`pg_controldata` показывает свойства, установленные командой `initdb`, например, версию каталога. Она также выводит сведения о журнале предзаписи, включая данные контрольной точки. Эта информация относится ко всему кластеру, а не к отдельной базе данных.

Утилита запускается от лица пользователя, создавшего кластер, так как требует права на чтение в каталоге хранения данных. Можно указать путь к каталогу из командной строки, либо использовать значение переменной окружения `PGDATA`. Также поддерживаются флаги `-V` и `--version`, которые выводят версию pg_controldata и прерывают выполнение. Флаги `-?` и `--help` отображают помощь по поддерживаемым командой аргументам.

Переменные окружения

`PGDATA`

Каталог размещения данных кластера по умолчанию

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

pg_ctl

pg_ctl — инициализировать, запустить, остановить или управлять сервером PostgreSQL

Синтаксис

`pg_ctl init[db]` [`-D` *каталог_данных*] [`-s`] [`-o` *параметры-initdb*]

`pg_ctl start` [`-D` *каталог_данных*] [`-l` *имя_файла*] [`-W`] [`-t` *секунды*] [`-s`] [`-o` *параметры*] [`-p` *путь*] [`-c`]

`pg_ctl stop` [`-D` *каталог_данных*] [`-m` `s[mart]` | `f[ast]` | `i[mmediate]`] [`-W`] [`-t` *секунды*] [`-s`]

`pg_ctl restart` [`-D` *каталог_данных*] [`-m` `s[mart]` | `f[ast]` | `i[mmediate]`] [`-W`] [`-t` *секунды*] [`-s`] [`-o` *параметры*] [`-c`]

`pg_ctl reload` [`-D` *каталог_данных*] [`-s`]

`pg_ctl status` [`-D` *каталог_данных*]

`pg_ctl promote` [`-D` *каталог_данных*] [`-W`] [`-t` *секунды*] [`-s`]

`pg_ctl logrotate` [`-D` *каталог_данных*] [`-s`]

`pg_ctl kill` *имя_сигнала* *ид_процесса*

В системах Microsoft Windows также:

`pg_ctl register` [`-D` *каталог_данных*] [`-N` *имя_службы*] [`-U` *имя_пользователя*] [`-P` *пароль*] [`-S` `a[uto]` | `d[emand]`] [`-e` *источник*] [`-W`] [`-t` *секунды*] [`-s`] [`-o` *параметры*]

`pg_ctl unregister` [`-N` *имя_службы*]

Описание

pg_ctl — это утилита для начальной инициализации, запуска, остановки, повторного запуска и управления кластером баз данных PostgreSQL (postgres). Сервер можно стартовать в ручном режиме, но pg_ctl реализует задачи направления вывода в журнал и отсоединения от терминала и группы процессов, а также предоставляет удобный интерфейс остановки кластера.

Команда `init` (`initdb`) создаёт кластер баз данных PostgreSQL, то есть коллекцию баз данных, которой будет управлять один экземпляр сервера. Эта команда вызывает программу `initdb`. За подробностями обратитесь к initdb.

Команда `start` запускает сервер. Процесс запускается в фоне, а стандартный ввод связывается с `/dev/null` (или `nul` в Windows). По умолчанию в Unix-подобных системах вывод и ошибки сервера пишутся в устройство стандартного вывода (не ошибок) pg_ctl. Вывод pg_ctl следует перенаправить в файл или процесс, например, приложение ротации журналов rotatelogs; иначе `postgres` будет писать вывод в управляющий терминал (в фоновом режиме) и останется в группе процессов оболочки. В Windows сообщения и ошибки сервера по умолчанию перенаправляются в терминал. Это поведение по умолчанию можно изменить и направить вывод сервера в файл, добавив ключ `-l`. Предпочтительными вариантами является использование `-l` или перенаправление вывода.

Команда `stop` останавливает сервер, работающий с указанным каталогом данных. Параметр `-m` позволяет выбрать один из трёх режимов остановки. Режим «Smart» запрещает новые подключения, а затем ожидает отключения всех существующих клиентов и завершения всех текущих процессов резервного копирования. Если сервер работает в режиме горячего резерва, восстановление и потоковая репликация будут прерваны, как только отключатся все клиенты. Режим «Fast» (выбираемый по умолчанию) не ожидает отключения клиентов и завершает все текущие процессы резервного копирования. Все активные транзакции откатываются, а клиенты принудительно отключаются, после чего сервер останавливается. Режим «Immediate» незамедлительно прерывает все серверные процессы, не выполняя процедуру штатной остановки. Этот вариант влечёт необходимость выполнить восстановление после сбоя при следующем запуске сервера.

Команда `restart` по сути производит остановку и последующий запуск сервера. Это позволяет изменить параметры командной строки `postgres` либо применить изменения в файле конфигурации, не вступающие в силу без перезапуска сервера. Если в командной строке при запуске сервера указывались относительные пути, команда `restart` может не выполниться, если вызвать pg_ctl не в том каталоге, где производился предыдущий запуск.

Команда `reload` просто посылает процессу сервера `postgres` сигнал SIGHUP, получив который он перечитывает свои файлы конфигурации (`postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и т. д.). Это позволяет применить изменения параметров в файле конфигурации, не требующие полного перезапуска сервера.

Команда `status` проверяет, работает ли сервер в указанном каталоге данных. Если да, она выдаёт PID сервера и параметры командной строки, с которыми он был запущен. Если сервер не работает, pg_ctl возвращает код завершения 3. Если в параметрах не указан доступный каталог данных, pg_ctl возвращает код завершения 4.

Команда `promote` указывает серверу, работающему в режиме резерва с указанным каталогом данных, выйти из этого режима и начать операции чтения/записи.

Команда `logrotate` прокручивает файл журнала сервера. Подробнее о том, как использовать это с внешними средствами прокрутки журнала, рассказывается в Разделе 24.3.

Команда `kill` передаёт сигнал заданному процессу. Прежде все это полезно в Microsoft Windows, где отсутствует встроенная команда kill. Для получения списка имён поддерживаемых сигналов воспользуйтесь ключом `--help`.

Команда `register` регистрирует сервер PostgreSQL в качестве системной службы в Microsoft Windows. Параметр `-S` позволяет выбрать тип запуска службы: «auto» (запускать службу автоматически при загрузке системы) или «demand» (запускать службу по требованию).

Режим `unregister` разрегистрирует системную службу в Microsoft Windows. Эта операция отменяет действие команды `register`.

Параметры

`-c`
`--core-files`

Способствует сбросу дампа памяти процесса при крахе сервера на платформах, где это возможно, поднимая мягкие ограничения, задаваемые для файлов дампа. Это полезно при отладке и диагностике проблем, так как позволяет получить трассировку стека отказавшего процесса сервера.

`-D` *каталог_данных*
`--pgdata=`*каталог_данных*

Указывает размещение конфигурационных файлов кластера. Если этот ключ опущен, используется значение переменной окружения `PGDATA`.

`-l` *имя_файла*
`--log=`*имя_файла*

Направляет вывод сообщений сервера в файл *имя_файла*. Файл создаётся, если он ещё не существует. При этом устанавливается umask 077, что предотвращает доступ других пользователей к этому файлу.

`-m` *режим*
`--mode=`*режим*

Задаёт режим остановки кластера. Значением *режим* может быть `smart`, `fast` или `immediate`, либо первая буква этих вариантов. Если этот ключ опущен, по умолчанию выбирается режим `fast`.

`-o` *параметры*
`--options=`*параметры*

Указывает параметры, которые будут передаваться непосредственно программе `postgres`. Ключ `-o` можно указывать несколько раз, при этом ей будут переданы параметры из всех ключей.

Задаваемые *параметры* обычно следует обрамлять одинарными или двойными кавычками, чтобы они передавались одной группой.

`-o` *параметры-initdb*
`--options=`*параметры-initdb*

Указывает параметры, которые будут передаваться непосредственно программе `initdb`. Ключ `-o` можно указывать несколько раз, при этом ей будут переданы параметры из всех ключей.

Задаваемые *параметры-initdb* обычно следует обрамлять одинарными или двойными кавычками, чтобы они передавались вместе одной группой.

`-p` *путь*

Указывает размещение исполняемого файла `postgres`. По умолчанию задействуется исполняемый файл `postgres` из того же каталога, из которого запускался `pg_ctl`, а если это невозможно, из жёстко заданного каталога инсталляции. Применять этот параметр может понадобиться, только если вы делаете что-то необычное или получаете сообщения, что найти исполняемый файл `postgres` не удаётся.

В режиме `init` этот параметр аналогичным образом задаёт размещение исполняемого файла `initdb`.

`-s`
`--silent`

Выводить лишь ошибки, без сообщений информационного характера.

`-t` *секунды*
`--timeout=`*секунды*

Задаёт максимальное время (в секундах) ожидания завершения операции (см. параметр `-w`). По умолчанию действует значение переменной среды `PGCTLTIMEOUT` или, если оно не задано, 60 секунд.

`-V`
`--version`

Выводит версию pg_ctl и прерывает выполнение.

`-w`
`--wait`

Ждать завершения операции. Этот режим поддерживается (и действует по умолчанию) для команд `start`, `stop`, `restart`, `promote` и `register`.

В процессе ожидания `pg_ctl` постоянно проверяет PID-файл сервера, приостанавливаясь на короткое время между проверками. Запуск считается завершённым, когда PID-файл указывает на то, что сервер готов принимать подключения. Остановка считается завершённой, когда сервер удаляет свой PID-файл. Программа `pg_ctl` возвращает код завершения в зависимости от успеха запуска или остановки.

Если операция не заканчивается за отведённое время (см. параметр `-t`), программа `pg_ctl` завершается с ненулевым кодом выхода. Но заметьте, что при этом выполнение операции может продолжиться и в конце концов увенчаться успехом.

`-W`
`--no-wait`

Не ждать завершения операции. Этот режим противоположен режиму `-w`.

Если ожидание отключено, запрошенное действие вызывается, но о его результате ничего не известно. В этом случае для проверки текущего состояния и результата операции потребуется обратиться к файлу журнала сервера или воспользоваться внешней системой мониторинга.

В предыдущих выпусках PostgreSQL этот режим действовал по умолчанию (кроме команды `stop`).

`-?`
`--help`

Вывести справку по команде pg_ctl и прервать выполнение.

Если некоторый параметр является допустимым, но не применим к выбранному режиму работы, pg_ctl игнорирует его.

Параметры, специфичные для Windows

`-e` *`источник`*

Имя источника событий, с которым pg_ctl будет записывать в системный журнал события при запуске в виде службы Windows. Имя по умолчанию — `PostgreSQL`. Заметьте, что это влияет только на сообщения, которые выдаёт сам pg_ctl; как только сервер запустится, он будет использовать источник событий, заданный в event_source. Если произойдёт ошибка при запуске сервера на ранней стадии, прежде чем будет считан этот параметр, он может также выдавать сообщения с источником по умолчанию `PostgreSQL`.

`-N` *`имя_службы`*

Имя регистрируемой системной службы. Оно станет и собственно именем службы, и отображаемым именем. По умолчанию — `PostgreSQL`.

`-P` *`пароль`*

Пароль для пользователя, запускающего службу.

`-S` *`тип-запуска`*

Тип запуска системной службы. В качестве значения *`тип-запуска`* можно задать `auto`, `demand` или первую букву этих слов. По умолчанию выбирается тип `auto`.

`-U` *`имя_пользователя`*

Имя пользователя, от имени которого будут запущена служба. Для доменных пользователей используйте формат `DOMAIN\username`.

Переменные окружения

`PGCTLTIMEOUT`

Значение по умолчанию для максимального времени ожидания запуска или остановки сервера (в секундах). По умолчанию это время составляет 60 секунд.

PGDATA

Размещение каталога хранения данных по умолчанию.

Для большинства режимов pg_ctl требуется знать расположение каталога данных; поэтому если не задана переменная PGDATA, параметр -D является обязательным.

Список дополнительных переменных, влияющих на работу сервера, можно найти в postgres.

Файлы

postmaster.pid

Проверяя этот файл в каталоге данных, pg_ctl определяет, работает ли сервер в настоящий момент.

postmaster.opts

Если файл существует в каталоге хранения данных, то pg_ctl (при restart) передаст его содержимое в качестве аргументов postgres, если не указаны иные значения в -o. Содержимое файла также отображается при вызове в режиме status.

Примеры

Запуск сервера

Запуск сервера и ожидание момента, когда он начнёт принимать подключения:

```
$ pg_ctl start
```

Чтобы запустить сервер с использованием порта 5433 и без fsync, выполните:

```
$ pg_ctl -o "-F -p 5433" start
```

Остановка сервера

Чтобы остановить сервер, выполните:

```
$ pg_ctl stop
```

Ключ -m позволяет управлять тем, *как* сервер будет остановлен:

```
$ pg_ctl stop -m smart
```

Повторный запуск сервера

Перезапуск сервера почти равнозначен остановке и запуску сервера за исключением того, что по умолчанию pg_ctl сохраняет параметры командной строки, которые были переданы ранее запущенному экземпляру. Таким образом, чтобы перезапустить сервер с теми же параметрами, с какими он был запущен, выполните:

```
$ pg_ctl restart
```

Но если добавляется ключ -o, он заменяет все предыдущие параметры. Эта команда осуществит перезапуск с использованием порта 5433 и без fsync:

```
$ pg_ctl -o "-F -p 5433" restart
```

Вывод состояния сервера

Ниже представлен примерный вывод pg_ctl:

```
$ pg_ctl status

pg_ctl: server is running (PID: 13718)
/usr/local/pgsql/bin/postgres "-D" "/usr/local/pgsql/data" "-p" "5433" "-B" "128"
```

Во второй строке показывается команда, которая будет выполнена в режиме перезапуска.

См. также

initdb, postgres

pg_resetwal

pg_resetwal — очистить журнал предзаписи и другую управляющую информацию кластера PostgreSQL

Синтаксис

`pg_resetwal` [`-f` | `--force`] [`-n` | `--dry-run`] [*параметр*...] [`-D` | `--pgdata`]*каталог_данных*

Описание

`pg_resetwal` очищает журнал предзаписи (WAL) и может сбросить некоторую другую управляющую информацию, хранящуюся в файле `pg_control`. Данная функция может быть востребована при повреждении этих файлов. Использовать её нужно только как крайнюю меру, когда запуск сервера оказывается невозможен из-за этого повреждения.

После выполнения этой команды запуск сервера, скорее всего, будет возможен, однако стоит учитывать, что база данных может содержать несогласованные данные из-за транзакций, зафиксированных частично. Вы должны немедленно выгрузить данные, выполнить `initdb`, а затем восстановить данные. После этого проверьте целостность базы и внесите необходимые коррективы.

Эту утилиту может запускать только пользователь, установивший сервер, так как ей нужны права записи/чтения в каталоге хранения данных кластера. В целях безопасности каталог необходимо указывать в командной строке. `pg_resetwal` не поддерживает переменную окружения `PGDATA`.

Если `pg_resetwal` сообщает о невозможности определить данные из `pg_control`, команду можно запустить принудительно, указав `-f`. В этом случае будут использованы наиболее вероятные значения. Они должны подходить для большинства полей, но для некоторых может потребоваться задать нужные значения явно: следующее значение OID, ID и эпоха следующей транзакции, ID мультитранзакции и смещение, начальная позиция WAL. Эти значения можно указать с помощью описанных далее параметров. Если их невозможно определить, то флаг `f` позволяет это обойти. Однако достоверность данных восстановленной базы не гарантируется: крайне необходимо незамедлительно выгрузить и затем восстановить данные. *Не* выполняйте никаких операций модификации до создания дампа данных, так как это может привести к ещё более печальным последствиям.

Параметры

`-f`
`--force`

Принудительно выполнять `pg_resetwal`, даже если не удаётся получить приемлемые данные из `pg_control`, как описано выше.

`-n`
`--dry-run`

С ключом `-n`/`--dry-run` команда `pg_resetwal` отображает значения, извлечённые из `pg_control`, а также значения, которые планируется изменить, и завершается, не внося никаких изменений. Это, прежде всего, средство отладки, хотя оно может быть полезно и для того, чтобы проверить корректность параметров, прежде чем `pg_resetwal` начнёт что-либо делать.

`-V`
`--version`

Показать версию, а затем завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку, а затем завершиться.

Следующие параметры необходимы, только когда `pg_resetwal` не может определить подходящие значения, прочитав `pg_control`. Безопасные значения можно определить, как описано ниже. Для значений, принимающих числовые аргументы, можно задать шестнадцатеричные значения, добавив префикс `0x`.

`-c` *`xid`*`,`*`xid`*
`--commit-timestamp-ids=`*`xid`*`,`*`xid`*

Вручную задать идентификаторы старейшей и новейшей транзакций, для которых можно получить время фиксации.

Безопасное значение идентификатора старейшей транзакции, для которой можно получить время фиксации (первый компонент), можно определить, найдя наименьшее в числовом виде имя файла в каталоге `pg_commit_ts` внутри каталога данных. Безопасное значение идентификатора новейшей транзакции, для которой можно получить время фиксации (второй компонент), можно определить, найдя, напротив, наибольшее в числовом виде имя файла в том же каталоге. Числа в именах этих файлов представлены в шестнадцатеричном формате.

`-e` *`эпоха_xid`*
`--epoch=`*`эпоха_xid`*

Вручную задать эпоху в ID следующей транзакции.

Эпоха идентификаторов транзакции не хранится в базе данных нигде, кроме поля, устанавливаемого командой `pg_resetwal`, поэтому если рассматривать собственно базу, допустимым будет любое значение. Это значение, возможно, понадобится скорректировать для обеспечения правильной работы системы репликации, например, Slony-I и Skytools. В этом случае подходящее значение следует получить из состояния нижележащей реплицированной базы данных.

`-l` *`walfile`*
`--next-wal-file=`*`walfile`*

Вручную задать начальную позицию WAL, указав имя файла следующего сегмента WAL.

Имя файла следующего сегмента WAL должно превышать имена любых других файлов сегментов WAL, в настоящее время находящихся в подкаталоге `pg_wal` каталога данных. Эти имена тоже представлены в шестнадцатеричном виде и состоят из трёх частей. Первая из них — «ID линии времени» и её обычно не следует менять. Например, если `00000001000000320000004A` — наибольшее значение в `pg_wal`, нужно указать `-l 00000001000000320000004B` или большее число.

Заметьте, что при использовании нестандартных размеров сегментов WAL числа в именах файлов WAL отличаются от LSN, выдаваемых системными функциями и представлениями. Этот параметр принимает имя файла WAL, а не LSN.

> **Примечание**
>
> `pg_resetwal` ищет среди файлов каталога `pg_wal`, и по умолчанию выбирает значение для флага `-l`, идущее следующим после найденного. Таким образом, вручную задавать параметр `-l` нужно лишь если известно о существовании сегментов WAL, отсутствующих в настоящий момент в каталоге `pg_wal` (например, они могут находится в отдельном архиве); либо если содержимое `pg_wal` было полностью утеряно.

`-m` *`mxid`*`,`*`mxid`*
`--multixact-ids=`*`mxid`*`,`*`mxid`*

Вручную задать ID следующей и старейшей мультитранзакции.

Безопасное значение следующего идентификатора мультитранзакции (первый компонент) можно вычислить, найдя наибольшее числовое значение среди имён файлов, расположенных в каталоге `pg_multixact/offsets`. К найденному значению необходимо прибавить один, затем умножить на 65536 (0x10000). Для вычисления безопасного значения ID старейшей мультитранзакции (второй компонент `-m`) необходимо найти наименьшее числовое значение среди тех же файлов, и умножить его на 65536. Имена файлов представляются в шестнадцатеричном формате, так что значения проще указывать в нём же, добавив в конце четыре нуля.

`-o` *`oid`*
`--next-oid=`*`oid`*

Вручную задать следующий OID.

Не существует относительно простого способа вычисления следующего за наибольшим из существующих значением OID, однако это некритично.

`-O` *`mxoff`*
`--multixact-offset=`*`mxoff`*

Вручную задать смещение следующей мультитранзакции.

Безопасное значение можно определить, найдя наибольшее числовое значение в имени файла в каталоге `pg_multixact/members`, прибавив один и умножив результат на 52352 (0xCC80). Имена файлов представлены в шестнадцатеричном формате. Простого рецепта с прибавлением нулей в конце, как для других параметров, в данном случае нет.

`--wal-segsize=`*`размер_сегмента_wal`*

Задать другой размер сегмента WAL, в мегабайтах. Значение параметра должно быть степенью 2 от 1 до 1024 (в мегабайтах). Подробнее о нём можно узнать в описании такого же параметра initdb.

> ### Примечание
>
> Хотя `pg_resetwal` выбирает стартовый адрес WAL, превышающий номер последнего существующего файла сегмента WAL, при некоторых изменениях размера предыдущие имена файлов WAL могут использоваться повторно. Если наложение имён файлов WAL приведёт к проблемам с вашей стратегией архивации, рекомендуется использовать `-l` вместе с этим ключом, чтобы вручную задать начальный адрес WAL.

`-u` *`xid`*
`--oldest-transaction-id=`*`xid`*

Вручную задать ID старейшей незамороженной транзакции.

Безопасное значение можно определить, найдя наименьшее числовое значение в имени файла в подкаталоге `pg_xact` каталога данных, а затем умножив результат на 1048576 (0x100000). Заметьте, что имена файлов представлены в шестнадцатеричном формате. Значение этого параметра обычно также проще задавать в шестнадцатеричном виде. Например, если `0007` — наименьшее значение в `pg_xact`, подходящим значением будет `-u 0x700000` (нужный множитель дают пять последних нулей).

`-x` *`xid`*
`--next-transaction-id=`*`xid`*

Вручную задать ID следующей транзакции.

Безопасное значение можно определить, найдя наибольшее числовое значение в имени файла в подкаталоге `pg_xact` каталога данных, прибавив один и умножив результат на 1048576 (0x100000). Заметьте, что имена файлов представлены в шестнадцатеричном формате. Значение этого параметра обычно также проще задавать в шестнадцатеричном виде. Например, если `0011` — наибольшее значение в `pg_xact`, подходящим значением будет `-x 0x1200000` (нужный множитель дают пять последних нулей).

Переменные окружения

PG_COLOR

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: always (всегда), auto (автоматически) и never (никогда).

Примечания

Эту команду нельзя выполнять на работающем сервере. pg_resetwal отклонит выполнение при обнаруженном блокирующем файле в каталоге хранения данных. Иногда при аварии сервера блокирующий файл может остаться в системе. В этом случае необходимо самостоятельно удалить его, чтобы дать возможность pg_resetwal отработать. Перед выполнением операции дважды проверьте, что сервер остановлен.

pg_resetwal работает только с серверами той же основной версии.

См. также

pg_controldata

pg_rewind

pg_rewind — синхронизировать каталог данных PostgreSQL с другим каталогом, ответвлённым от него

Синтаксис

`pg_rewind` [*параметр*...] { `-D` | `--target-pgdata` } *каталог* { `--source-pgdata=`*каталог* | `--source-server=`*строка_подключения* }

Описание

Утилита pg_rewind представляет собой средство синхронизации кластера PostgreSQL с другой копией того же кластера после расхождения линий времени этих кластеров. Обычный сценарий её использования — вернуть в работу старый главный сервер после переключения на резервный, в качестве резервного для сервера, ставшего главным.

После успешной синхронизации состояние целевого каталога данных будет аналогично состоянию базовой копии исходного каталога. В отличие от создания новой копии или использования такого средства, как rsync, синхронизация pg_rewind не требует сравнения или копирования неизменённых блоков в кластере. Из существующих файлов отношений копируются только изменённые блоки, а все остальные файлы, включая новые файлы отношений, файлы конфигурации и сегменты WAL переносятся полностью. Благодаря этому такая синхронизация гораздо быстрее других методов, когда база данных большая, а различия между кластерами ограничиваются лишь небольшим количеством блоков.

Утилита pg_rewind изучает истории линий времени исходного и целевого кластеров с целью найти точку, в которой они разошлись, и ожидает найти журналы WAL в каталоге `pg_wal` целевого кластера вплоть до точки расхождения. Точка расхождения может быть найдена на целевой или исходной линии времени либо в их общем предке. В типичном сценарии отработки отказа, когда целевой кластер отключается вскоре после расхождения, это не проблема, но если целевой кластер проработал долгое время после расхождения, старые файлы WAL могут быть уже удалены. В этом случае их можно вручную скопировать из архива WAL в каталог `pg_wal` или запустить pg_rewind с ключом `-c`, чтобы они были автоматически получены из архива WAL. Варианты использования pg_rewind не ограничиваются отработкой отказа; например, резервный сервер может быть повышен, выполнить несколько пишущих транзакций, а затем, после восстановления синхронизации, вновь стать резервным.

После выполнения pg_rewind для приведения каталога данных в согласованное состояние должна завершиться процедура воспроизведения WAL. Когда целевой сервер запускается, он переходит в режим восстановления из архива и воспроизводит все изменения из WAL с исходного сервера, накопившиеся после последней контрольной точки с момента расхождения. Если какие-то сегменты WAL оказались недоступны на исходном сервере, когда выполнялась pg_rewind, и поэтому не могли быть скопированы в ходе работы pg_rewind, их необходимо предоставить, когда сервер будет запускаться. Это можно сделать, создав файл `recovery.signal` в целевом каталоге данных и определив подходящую команду restore_command в `postgresql.conf`.

Утилита pg_rewind требует, чтобы на целевом сервере был либо включён режим wal_log_hints в `postgresql.conf`, либо включены контрольные суммы, когда кластер был инициализирован командой initdb. Оба эти режима по умолчанию отключены. Также должен быть включён режим full_page_writes, но он по умолчанию включён.

> **Предупреждение**
>
> Если во время работы pg_rewind происходит ошибка, вероятнее всего, целевой каталог данных будет в состоянии, не подходящем для восстановления. В этом случае рекомендуется сделать новую резервную копию.

Так как pg_rewind копирует файлы конфигурации с исходного сервера без изменений, в полученную конфигурацию может потребоваться внести коррективы до перезапуска целевого сервера, особенно если целевой сервер становится ведомым для исходного. Если вы перезапустите сервер после окончания операции синхронизации, но не настроите команду восстановления WAL, целевой сервер может снова разойтись с ведущим.

Программа pg_rewind немедленно прекращает работу, если обнаруживает файлы, непосредственная запись в которые невозможна. Это может иметь место, например, когда на исходном и целевом серверах совпадают пути файлов сертификатов и ключей SSL, доступных только для чтения. Если такие файлы существуют на целевом сервере, их рекомендуется удалить до запуска pg_rewind. После выполнения синхронизации некоторые из таких файлов могут быть скопированы из источника и тогда может потребоваться удалить скопированные данные и восстановить ссылки/файлы, существовавшие до синхронизации.

Параметры

pg_rewind принимает следующие аргументы командной строки:

`-D` *`каталог`*
`--target-pgdata=`*`каталог`*

Этот параметр задаёт целевой каталог данных, который будет синхронизирован с источником. Целевой сервер должен быть отключён штатным образом до запуска pg_rewind

`--source-pgdata=`*`каталог`*

Задаёт путь в файловой системе к каталогу данных исходного сервера, с которым будет синхронизироваться целевой. Для применения этого ключа исходный сервер должен быть остановлен штатным образом.

`--source-server=`*`строка_подключения`*

Задаёт строку подключения libpq для подключения к исходному серверу PostgreSQL, с которым будет синхронизирован целевой. Подключение должно устанавливаться как обычное (не реплицирующее) от имени роли, имеющей необходимые права для выполнения функций pg_rewind на исходном сервере (подробнее об этом говорится в Замечаниях), или от имени суперпользователя. Для применения этого параметра исходный сервер должен быть запущен и работать не в режиме восстановления.

`-R`
`--write-recovery-conf`

Создать `standby.signal` и добавить параметры подключения в `postgresql.auto.conf` в выходном каталоге. Этот ключ требует указания `--source-server`.

`-n`
`--dry-run`

Делать всё, кроме внесения изменений в целевой каталог.

`-N`
`--no-sync`

По умолчанию `pg_rewind` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_rewind` завершается быстрее, без ожидания, но в случае неожиданного сбоя операционной системы целевой каталог данных может оказаться испорченным. Этот параметр может быть полезен при тестировании; в производственной среде применять его не следует.

`-P`
`--progress`

Включает вывод сообщений о прогрессе. При этом в процессе копирования данных из исходного кластера будет выдаваться приблизительный процент выполнения.

`-c`
`--restore-target-wal`

Использовать команду `restore_command`, определённую в конфигурации целевого кластера, для получения файлов WAL из архива в случае отсутствия их в каталоге `pg_wal`.

`--debug`

Выводить подробные отладочные сообщения, полезные в основном для разработчиков, отлаживающих pg_rewind.

`--no-ensure-shutdown`

Для pg_rewind необходимо, чтобы целевой сервер был остановлен штатным образом до синхронизации. По умолчанию, если целевой сервер не был остановлен штатно, pg_rewind запускает его в однопользовательском режиме, чтобы он выполнил процедуру восстановления после сбоя, а затем останавливает его. Когда передаётся данный ключ, pg_rewind не делает этого, а завершается с ошибкой немедленно, если сервер не был остановлен корректно. Ожидается, что в этом случае пользователи сами исправят сложившуюся ситуацию.

`-V`
`--version`

Показать версию, а затем завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку, а затем завершиться.

Переменные окружения

Когда используется `--source-server`, pg_rewind также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Когда исходным кластером для pg_rewind является работающий сервер, вместо суперпользователя может применяться роль, имеющая в этом кластере достаточные права для выполнения функций, которые использует pg_rewind. Такую роль (`rewind_user`) можно создать так:

```
CREATE USER rewind_user LOGIN;
GRANT EXECUTE ON function pg_catalog.pg_ls_dir(text, boolean, boolean) TO rewind_user;
GRANT EXECUTE ON function pg_catalog.pg_stat_file(text, boolean) TO rewind_user;
GRANT EXECUTE ON function pg_catalog.pg_read_binary_file(text) TO rewind_user;
GRANT EXECUTE ON function pg_catalog.pg_read_binary_file(text, bigint, bigint, boolean)
 TO rewind_user;
```

Когда исходным кластером для pg_rewind является работающий сервер сразу после повышения, в нём необходимо выполнить команду `CHECKPOINT`, чтобы его управляющий файл содержал актуальную информацию о линии времени. Эта информацию нужна pg_rewind для проверки, можно ли синхронизировать целевой кластер с выбранным исходным.

Как это работает

Основная идея состоит в том, чтобы перенести все изменения на уровне файловой системы из исходного кластера в целевой:

1. Просканировать журнал WAL в целевом кластере, начиная с последней контрольной точки перед моментом, когда история линии времени исходного кластера разошлась с целевым кла-

стером. Для каждой записи WAL отметить, какие блоки данных были затронуты. В результате будет получен список всех блоков данных, которые были изменены в целевом кластере после отделения исходного. Если какие-либо файлы WAL уже удалены, можно запустить pg_rewind с ключом `-c`, чтобы целевой сервер обратился за ними к архиву WAL.

2. Скопировать все эти изменённые блоки из исходного кластера в целевой либо на уровне файловой системы (`--source-pgdata`), либо на уровне SQL (`--source-server`). После этого файлы отношений оказываются в том же состоянии, в котором они были в момент последней контрольной точки, предшествующей моменту расхождения линий времени исходного и целевого кластера, с добавлением текущего состояния, полученного из исходного кластера, тех блоков, которые были изменены в целевом кластере после расхождения.

3. Скопировать все остальные файлы, включая новые файлы отношений, сегменты WAL, `pg_xact` и файлы конфигурации, из исходного кластера в целевой. Как и при базовом копировании, содержимое каталогов `pg_dynshmem/`, `pg_notify/`, `pg_replslot/`, `pg_serial/`, `pg_snapshots/`, `pg_stat_tmp/` и `pg_subtrans/` исключается из данных, копируемых из исходного кластера. Кроме того, исключаются файлы или каталоги с именами, начинающимися с `pgsql_tmp`, а также файлы `backup_label`, `tablespace_map`, `pg_internal.init`, `postmaster.opts` и `postmaster.pid`.

4. Создать файл `backup_label` для перехода к воспроизведению WAL в контрольной точке, произведённой при переключении, и установить в файле `pg_control` минимальный LSN согласованного состояния, определённый в результате вызова `pg_current_wal_insert_lsn()` при синхронизации с работающим источником или равный LSN последней контрольной точке при синхронизации с остановленным.

5. При запуске целевого сервера PostgreSQL воспроизводятся все требуемые записи WAL, в результате чего каталог данных приводится в согласованное состояние.

pg_test_fsync

pg_test_fsync — подобрать наилучший вариант `wal_sync_method` для PostgreSQL

Синтаксис

`pg_test_fsync` [*параметр*...]

Описание

Программа pg_test_fsync предназначена для того, чтобы дать вам представление о том, какой из вариантов wal_sync_method оптимален для вашей конкретной системы, а также выдать вспомогательные диагностические сведения в случае проблем со вводом/выводом. Однако отличия, показанные программой pg_test_fsync, могут не оказывать большого влияния на реальную производительность баз данных, в частности потому, что для многих серверов баз данных производительность упирается не в запись журналов предзаписи. pg_test_fsync выводит среднее время операции синхронизации с ФС для каждого метода `wal_sync_method`, что также может быть полезно при поиске оптимального значения commit_delay.

Параметры

pg_test_fsync принимает следующие параметры командной строки:

`-f`
`--filename`

Задаёт имя файла для записи данных тестов. Этот файл должен находиться в той же файловой системе, где размещается или будет размещаться каталог `pg_wal`. (В каталоге `pg_wal` содержатся файлы WAL.) По умолчанию выбирается файл `pg_test_fsync.out` в текущем каталоге.

`-s`
`--secs-per-test`

Задаёт продолжительность каждого теста (в секундах). Чем больше длится тест, тем точнее результат, но тем дольше работает программа. Со значением по умолчанию (5 секунд) программа должна завершиться примерно за 2 минуты.

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_test_fsync и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_test_fsync и завершиться.

Переменные окружения

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

См. также

postgres

pg_test_timing

pg_test_timing — определить издержки замера времени

Синтаксис

`pg_test_timing` [*параметр*...]

Описание

Программа pg_test_timing позволяет оценить издержки замера времени в вашей системе и убедиться в том, что системное время никогда не идёт назад. Системы, в которых замер времени является длительной операцией, дают менее точные результаты `EXPLAIN ANALYZE`.

Параметры

pg_test_timing принимает следующие аргументы командной строки:

`-d` *`длительность`*
`--duration=`*`длительность`*

Задаёт продолжительность теста (в секундах). Чем больше эта продолжительность, тем выше точность и больше вероятность обнаружить аномалию с обратным ходом системных часов. По умолчанию время тестирования — 3 секунды.

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_test_timing и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_test_timing и завершиться.

Использование

Интерпретация результатов

В благоприятном случае практически все (>90%) отдельные вызовы замеров времени должны выполняться быстрее одной микросекунды. Средние издержки замера на цикл должны быть ещё меньше, в пределах 100 наносекунд. Эта проба, взятая в системе Intel i7-860 через источник времени TSC, показывает отличную производительность:

```
Testing timing overhead for 3 seconds.
Per loop time including overhead: 35.96 ns
Histogram of timing durations:
  < us   % of total      count
     1     96.40465   80435604
     2      3.59518    2999652
     4      0.00015        126
     8      0.00002         13
    16      0.00000          2
```

Заметьте, что время вызова в цикле и время в гистограмме выражается в разных единицах. Время в цикле может определяться с точностью до наносекунд (ns), а длительность отдельного вызова замера времени — только с точностью до микросекунд (us).

Измерение издержек исполнителя на замер времени

Когда исполнитель запроса выполняет запрос под контролем `EXPLAIN ANALYZE`, замеряется не только общее время, но и время отдельных операций. Каковы издержки этих операций в вашей системе, можно узнать, подсчитав строки тестовой таблицы в программе psql:

```
CREATE TABLE t AS SELECT * FROM generate_series(1,100000);
\timing
SELECT COUNT(*) FROM t;
EXPLAIN ANALYZE SELECT COUNT(*) FROM t;
```

В системе i7-860 этот запрос выполняется 9.8 мс, а версия с `EXPLAIN ANALYZE` — 16.6 мс, при этом обрабатывается около 100 000 строк. Это различие в 6.8 мс означает, что издержки замера времени для одной строки составляют около 68 нс, примерно вдвое больше, чем предсказала pg_test_timing. Даже с такими относительно небольшими издержками операция COUNT с полным подсчётом времени выполняется почти на 70% дольше. На более сложных запросах издержки замера времени могут быть не так важны.

Смена источника времени

В некоторых современных системах Linux можно в любой момент сменить источник времени, который используется для замера времени. Второй пример иллюстрирует возможное замедление от переключения на более медленный источник времени acpi_pm time в той же системе, в которой были получены показанные выше хорошие результаты:

```
# cat /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/available_clocksource
tsc hpet acpi_pm
# echo acpi_pm > /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/current_clocksource
# pg_test_timing
Per loop time including overhead: 722.92 ns
Histogram of timing durations:
  < us   % of total      count
     1     27.84870    1155682
     2     72.05956    2990371
     4      0.07810       3241
     8      0.01357        563
    16      0.00007          3
```

В этой конфигурации тот же `EXPLAIN ANALYZE` выполняется 115.9 мс. Таким образом издержки составили 1061 нс, что соответствует непосредственному результату этой утилиты с небольшим коэффициентом. Такие большие издержки означают, что сам запрос выполняется лишь небольшой процент всего времени, а основное время уходит на замеры времени. В такой конфигурации временные показатели `EXPLAIN ANALYZE` для запросов со множеством замеряемых операций значительно увеличатся за счёт издержек замера времени.

FreeBSD так же позволяет сменять источник времени «на лету» и выводит информацию о выбранном таймере при загрузке:

```
# dmesg | grep "Timecounter"
Timecounter "ACPI-fast" frequency 3579545 Hz quality 900
Timecounter "i8254" frequency 1193182 Hz quality 0
Timecounters tick every 10.000 msec
Timecounter "TSC" frequency 2531787134 Hz quality 800
# sysctl kern.timecounter.hardware=TSC
kern.timecounter.hardware: ACPI-fast -> TSC
```

Другие системы могут допускать смену источника времени только при загрузке. В старых системах Linux это можно было сделать только с помощью параметра ядра «clock». И даже в некоторых самых последних системах можно увидеть только один источник времени — jiffies. Это старая программная реализация часов в Linux, которая может давать хорошее разрешение, когда поддерживается достаточно хорошим оборудованием, как в этом примере:

```
$ cat /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/available_clocksource
jiffies
$ dmesg | grep time.c
time.c: Using 3.579545 MHz WALL PM GTOD PIT/TSC timer.
```

```
time.c: Detected 2400.153 MHz processor.
$ pg_test_timing
Testing timing overhead for 3 seconds.
Per timing duration including loop overhead: 97.75 ns
Histogram of timing durations:
  < us   % of total      count
     1     90.23734   27694571
     2      9.75277    2993204
     4      0.00981       3010
     8      0.00007         22
    16      0.00000          1
    32      0.00000          1
```

Аппаратные часы и точность замера времени

Измерение времени обычно осуществляется на компьютерах по аппаратным часам, точность которых может быть разного уровня. С некоторым оборудованием операционные системы могут передавать время системных часов непосредственно программам. Также системное время может поступать с чипа, который просто генерирует прерывания по времени, с заведомо известным периодом. В любом случае ядра операционных систем предоставляют источник времени, который скрывает эти детали. Но точность этого источника и возможная скорость получения результатов от него зависит от нижележащего оборудования.

Неточность в замерах времени может приводить к нестабильности системы. Поэтому стоит очень тщательно протестировать выбранный источник времени. Иногда по умолчанию в ОС выбирается источник не более точный, а более надёжный. И если вы используете виртуальную машину, поинтересуйтесь, какие источники времени рекомендуется использовать с ней. Имитация таймеров на виртуальном оборудовании связана с дополнительными сложностями, и производители средств виртуализации часто рекомендуют определённые параметры для операционных систем.

Источник времени TSC (Time Stamp Counter, Счётчик отметки времени) наиболее точный из всех для процессоров текущего поколения. Его рекомендуется использовать для получения системного времени, когда он поддерживается операционной системой и показания TSC надёжны. Возможны ситуации, когда TSC не является точным источником времени, и таким образом, оказывается ненадёжным. Например, в старых системах показания TSC могут зависеть от температуры процессора, что не годится для точного замера времени. При попытке использовать TSC в некоторых старых многоядерных процессорах можно получить разное время на различных ядрах. В результате может оказаться, что время идёт назад (эту аномалию выявляет данная программа). И даже на самых современных системах не всегда можно получить точное время через TSC в режимах очень агрессивного энергосбережения.

Новые операционные системы могут проверять наличие известных проблем TSC и переключаться на более медленный, но более стабильный источник времени, если они проявляются. Если ваша система поддерживает источник TSC, но не выбирает его по умолчанию, возможно, он отключён обоснованно. С другой стороны, некоторые операционные системы могут не выявлять все возможные проблемы, либо разрешают использовать TSC даже в ситуациях, когда он определённо неточен.

HPET (High Precision Event Timer, Таймер событий высокой точности) рекомендуется использовать в системах, где он имеется, а TSC неточен. Сам этот чип можно запрограммировать для получения точности до 100 наносекунд, но системное время с такой точностью вы не получите.

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface, Расширенный интерфейс конфигурации и питания) обеспечивает таймер PM (Управления питанием), который в Linux называется acpi_pm. Время, поступающее из acpi_pm, в лучшем случае будет иметь разрешение 300 наносекунд.

На старом оборудовании PC применялись таймеры 8254 PIT (Programmable Interval Timer, Программируемый интервальный таймер), RTC (Real-Time Clock, Часы реального времени), таймер APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller, Расширенный программируемый контроллер прерываний) и Cyclone. Все эти таймеры обеспечивали точность до миллисекунд.

См. также

EXPLAIN

pg_upgrade

pg_upgrade — обновить экземпляр сервера PostgreSQL

Синтаксис

`pg_upgrade -b` *`старый_каталог_bin`* [`-B` *`новый_каталог_bin`*] `-d` *`старый_каталог_конфигурации`* `-D` *`новый_каталог_конфигурации`* [*`параметр`*...]

Описание

Программа pg_upgrade (ранее называвшаяся pg_migrator) позволяет обновить данные в каталоге базы данных PostgreSQL до последней основной версии PostgreSQL без операции выгрузки/восстановления данных, обычно необходимой при обновлениях основной версии, например, при переходе от 9.5.8 к 9.6.4 или от 10.7 к 11.2. Эти действия не требуются при установке корректирующей версии, например, при переходе от 9.6.2 к 9.6.3 или от 10.1 к 10.2.

С выходом новых основных версий в PostgreSQL регулярно добавляются новые возможности, которые часто меняют структуру системных таблиц, но внутренний формат хранения меняется редко. Учитывая этот факт, pg_upgrade позволяет выполнить быстрое обновление, создавая системные таблицы заново, но сохраняя старые файлы данных. Если при обновлении основной версии формат хранения данных изменится так, что данные в старом формате окажутся нечитаемыми, pg_upgrade не сможет произвести такое обновление. (Сообщество разработчиков постарается не допустить подобных ситуаций.)

Программа pg_upgrade делает всё возможное, чтобы убедиться в том, что старый и новый кластеры двоично-совместимы, в частности проверяя параметры времени компиляции и разрядность (32/64 бита) исполняемых файлов. Важно, чтобы и все внешние модули тоже были двоично-совместимыми, хотя это pg_upgrade проверить не может.

pg_upgrade поддерживает обновление с версии 9.0.X и новее до текущей основной версии PostgreSQL, включая бета-выпуски и сборки снимков кода.

> **Предупреждение**
>
> При обновлении кластера выполняется произвольный код по выбору суперпользователей исходной точки. Перед обновлением убедитесь, что суперпользователи исходной точки являются доверенными.

Параметры

pg_upgrade принимает следующие аргументы командной строки:

`-b` *`каталог_bin`*
`--old-bindir=`*`каталог_bin`*

: каталог с исполняемыми файлами старой версии PostgreSQL; переменная окружения `PGBINOLD`

`-B` *`каталог_bin`*
`--new-bindir=`*`каталог_bin`*

: каталог с исполняемыми файлами новой версии PostgreSQL, по умолчанию это каталог, в котором располагается pg_upgrade; переменная окружения `PGBINNEW`

`-c`
`--check`

: только проверить кластеры, не изменять никакие данные

`-d` *`каталог_конфигурации`*
`--old-datadir=`*`каталог_конфигурации`*

каталог конфигурации старого кластера; переменная окружения `PGDATAOLD`

`-D` *`каталог_конфигурации`*
`--new-datadir=`*`каталог_конфигурации`*

каталог конфигурации нового кластера; переменная окружения `PGDATANEW`

`-j` *`число_заданий`*
`--jobs=`*`число_заданий`*

число одновременно задействуемых процессов или потоков

`-k`
`--link`

использовать жёсткие ссылки вместо копирования файлов в новый кластер

`-o` *`параметры`*
`--old-options` *`параметры`*

параметры, передаваемые непосредственно старой программе `postgres`; несколько параметров складываются вместе

`-O` *`параметры`*
`--new-options` *`параметры`*

параметры, передаваемые непосредственно новой программе `postgres`; несколько параметров складываются вместе

`-p` *`порт`*
`--old-port=`*`порт`*

номер порта старого кластера; переменная окружения `PGPORTOLD`

`-P` *`порт`*
`--new-port=`*`порт`*

номер порта нового кластера; переменная окружения `PGPORTNEW`

`-r`
`--retain`

сохранить SQL и журналы сообщений даже при успешном завершении

`-s` *`каталог`*
`--socketdir=`*`каталог`*

каталог, в котором будет создавать сокеты процесс postmaster во время обновления; по умолчанию выбирается текущий рабочий каталог; переменная окружения `PGSOCKETDIR`

`-U` *`имя_пользователя`*
`--username=`*`имя_пользователя`*

имя пользователя, установившего кластер; переменная окружения `PGUSER`

`-v`
`--verbose`

включить подробные внутренние сообщения

`-V`
`--version`

показать версию, а затем завершиться

`--clone`

Использовать эффективное клонирование файлов (в ряде систем это называется «reflink») вместо копирования файлов в новый кластер. В результате файлы данных могут копироваться практически мгновенно, как и с использованием `-k`/`--link`, но последующие изменения не будут затрагивать старый кластер.

Клонирование файлов поддерживается не во всех операционных системах и только с определёнными файловыми системами. Если этот режим выбран, но клонирование не поддерживается, при выполнении pg_upgrade произойдёт ошибка. В настоящее время оно поддерживается в Linux (с ядром 4.5 или новее) с Btrfs и XFS (если файловая система была создана с поддержкой reflink), а также в macOS с APFS.

`-?`
`--help`

показать справку, а затем завершиться

Использование

Далее описан план обновления с использованием pg_upgrade:

1. **Переместить старый кластер (необязательно)**

   Если ваш каталог инсталляции привязан к версии, например, `/opt/PostgreSQL/13`, перемещать его не требуется. Все графические инсталляторы выбирают при установке каталоги, привязанные к версии.

   Если ваш каталог инсталляции не привязан к версии, например `/usr/local/pgsql`, необходимо переместить каталог текущей инсталляции PostgreSQL, чтобы он не конфликтовал с новой инсталляцией PostgreSQL. Когда текущий сервер PostgreSQL отключён, каталог этой инсталляции PostgreSQL можно безопасно переместить; если старый каталог `/usr/local/pgsql`, его можно переименовать, выполнив:

   ```
   mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old
   ```

2. **Собрать новую версию при установке из исходного кода**

   Соберите из исходного кода новую версию PostgreSQL с флагами `configure`, совместимыми с флагами старого кластера. Программа pg_upgrade проверит результаты `pg_controldata`, чтобы убедиться, что все параметры совместимы, прежде чем начинать обновление.

3. **Установить новые исполняемые файлы PostgreSQL**

   Установите новые исполняемые файлы сервера и вспомогательные файлы. Программа pg_upgrade включена в инсталляцию по умолчанию.

   При установке из исходного кода, если вы хотите разместить сервер в нестандартном каталоге, воспользуйтесь переменной `prefix`:

   ```
   make prefix=/usr/local/pgsql.new install
   ```

4. **Инициализировать новый кластер PostgreSQL**

   Инициализируйте новый кластер, используя `initdb`. При этом так же необходимо указать флаги `initdb`, совместимые с флагами в старом кластере. Многие готовые инсталляторы выполняют это действие автоматически. Запускать новый кластер не требуется.

5. **Установить разделяемые объектные файлы расширения**

   Многие расширения и пользовательские модули, как из `contrib`, так и из других источников, используют разделяемые объектные файлы (или библиотеки DLL), например, `pgcrypto.so`. Если они использовались в старом кластере, разделяемые объектные файлы, соответствующие новому исполняемому файлу сервера, должны быть установлены в новом кластере, обычно средствами операционной системы. Не загружайте определения схемы, например, выполняя `CREATE EXTENSION pgcrypto`, потому что они будут скопированы из старого кластера. Если доступны обновления расширений, pg_upgrade сообщит об этом и создаст скрипт, который можно будет запустить позже, чтобы обновить эти расширения.

6. **Скопировать пользовательские файлы полнотекстового поиска**

   Скопировать пользовательские файлы полнотекстового поиска (словари, тезаурусы, списки синонимов и стоп-слов) из старого кластера в новый.

7. **Настроить аутентификацию**

   Программа `pg_upgrade` будет подключаться к новому и старому серверу несколько раз, так что имеет смысл установить режим аутентификации `peer` в `pg_hba.conf` или использовать файл `~/.pgpass` (см. Раздел 33.15).

8. **Остановить оба сервера**

   Убедитесь в том, что оба сервера баз данных остановлены. Для этого в Unix можно выполнить:

   ```
   pg_ctl -D /opt/PostgreSQL/9.6 stop
   pg_ctl -D /opt/PostgreSQL/13 stop
   ```

   А в Windows, с соответствующими именами служб:

   ```
   NET STOP postgresql-9.6
   NET STOP postgresql-13
   ```

   Ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала должны продолжать работать во время этого отключения, чтобы получить все изменения.

9. **Подготовиться к обновлению ведомых серверов**

   Если вы производите обновление ведомых серверов (как описано в разделе Шаг 11), удостоверьтесь, что эти серверы находятся в актуальном состоянии, запустив pg_controldata в старых ведущем и ведомых кластерах. Убедитесь в том, что «Положение последней контрольной точки» во всех кластерах одинаковое. Также смените `wal_level` на `replica` в файле `postgresql.conf` нового ведущего кластера.

10. **Запустить pg_upgrade**

    Всегда запускайте программу pg_upgrade от нового сервера, а не от старого. pg_upgrade требует указания каталогов данных старого и нового кластера, а также каталогов исполняемых файлов (`bin`). Вы можете также определить имя пользователя и номера портов, и нужно ли копировать файлы данных (по умолчанию), клонировать их или создавать ссылки на них.

    Если выбрать вариант со ссылкой на данные, обновление выполнится гораздо быстрее (так как файлы не копируются) и потребует меньше места на диске, но вы лишитесь возможности обращаться к вашему старому кластеру, запустив новый после обновления. Этот вариант также требует, чтобы каталоги данных старого и нового кластера располагались в одной файловой системе. (Табличные пространства и `pg_wal` могут находиться в других файловых системах.) Вариант с клонированием работает так же быстро и экономит место на диске, но позволяет сохранить рабочее состояние старого кластера при запуске нового. Для этого варианта тоже требуется, чтобы старый и новый каталоги данных находились в одной файловой системе. Клонирование возможно только в некоторых операционных системах с определёнными файловыми системами.

    Параметр `--jobs` позволяет задействовать для копирования/связывания файлов и для выгрузки/восстановления схем баз данных несколько процессорных ядер. В качестве начального значения параметра стоит выбрать максимум из числа процессорных ядер и числа табличных пространств. Этот параметр может радикально сократить время обновления сервера со множеством баз данных, работающего в многопроцессорной системе.

    В Windows вы должны войти в систему с административными полномочиями, затем запустить командную строку от имени пользователя `postgres`, задать подходящий путь:

```
RUNAS /USER:postgres "CMD.EXE"
SET PATH=%PATH%;C:\Program Files\PostgreSQL\13\bin;
```

Наконец, запустить pg_upgrade с путями каталогов в кавычках, например, так:

```
pg_upgrade.exe
        --old-datadir "C:/Program Files/PostgreSQL/9.6/data"
        --new-datadir "C:/Program Files/PostgreSQL/13/data"
        --old-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/9.6/bin"
        --new-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/13/bin"
```

При запуске `pg_upgrade` проверит два кластера на совместимость и, если всё в порядке, выполнит обновление. Также возможно запустить `pg_upgrade --check`, чтобы ограничиться только проверками (при этом старый сервер может продолжать работать). Команда `pg_upgrade --check` также сообщит, какие коррективы вам нужно будет внести вручную после обновления. Если вы планируете использовать режим ссылок на данные или клонирования, укажите вместе с `--check` или `--clone` параметр `--link`, чтобы были проведены специальные проверки для этого режима. Программе `pg_upgrade` требуются права на запись в текущий каталог.

Очевидно, никто не должен обращаться к кластерам в процессе обновления. Программа pg_upgrade по умолчанию запускает серверы с портом 50432, чтобы не допустить нежелательных клиентских подключений. В процессе обновления оба кластера могут использовать один номер порта, так как они не будут работать одновременно. Однако для проверки старого работающего сервера новый порт должен отличаться от старого.

Если при восстановлении схемы базы данных происходит ошибка, `pg_upgrade` завершает свою работу и вы должны вернуться к старому кластеру, как описывается ниже в Шаг 17. Чтобы попробовать `pg_upgrade` ещё раз, вы должны внести коррективы в старом кластере, чтобы pg_upgrade могла успешно восстановить схему. Если проблема возникла в модуле `contrib`, может потребоваться удалить этот модуль `contrib` в старом кластере, а затем установить его в новом после обновления (предполагается, что этот модуль не хранит пользовательские данные).

11. **Обновить ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала**

    Если вы используете режим ссылок и у вас реализована потоковая репликация (см. Подраздел 26.2.5) или трансляция журнала (см. Раздел 26.2) для ведомых серверов, вы можете быстро обновить эти серверы следующим образом. Вам не нужно будет запускать на них pg_upgrade, вместо этого вы выполните rsync на ведущем. Не запускайте никакие серверы на этом этапе.

    Если вы *не* используете режим ссылок, либо у вас нет rsync или вы не хотите его использовать, либо если вам нужен более простой вариант, пропустите инструкции в этом разделе и просто пересоздайте ведомые серверы сразу после завершения pg_upgrade и запуска нового ведущего сервера.

    a. **Установите новые исполняемые файлы PostgreSQL на ведомых серверах**

       Убедитесь в том, что на всех ведомых серверах установлены новые исполняемые и вспомогательные файлы.

    b. **Убедитесь в том, что новые каталоги данных на ведомых серверах *не* существуют**

       Новые каталоги данных ведомых серверов должны *отсутствовать* либо быть пустыми. Если запускалась программа initdb, удалите новые каталоги данных на ведомых.

    c. **Установить разделяемые объектные файлы расширения**

       Установите на новых ведомых серверах те же разделяемые объектные файлы расширения, что вы установили в новом ведущем кластере.

    d. **Остановите ведомые серверы**

       Если ведомые серверы продолжают работу, остановите их, следуя приведённым выше инструкциям.

e. **Сохраните файлы конфигурации**

   Сохраните все нужные вам файлы конфигурации из старых каталогов конфигурации ведомых серверов, в частности `postgresql.conf` (и все файлы, включённые в него), `postgresql.auto.conf` и `pg_hba.conf`, так как они будут перезаписаны или удалены на следующем этапе.

f. **Запустите rsync**

   Когда используется режим ссылок, ведомые серверы можно быстро обновить, применив rsync. Для этого в каталоге, внутри которого находятся каталоги старого и нового кластера, для каждого ведомого сервера выполните на *ведущем*:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive old_cluster
 new_cluster remote_dir
```

   Здесь каталоги `old_cluster` и `new_cluster` задаются относительно текущего каталога на ведущем, а `remote_dir` находится *над* каталогами старого и нового кластера на ведомом. Структура подкаталогов в заданных каталогах на ведущем и ведомых серверах должна быть одинаковой. Обратитесь к странице руководства rsync, где подробно описано, как указать удалённый каталог, например так:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive /opt/
PostgreSQL/9.5 \
      /opt/PostgreSQL/9.6 standby.example.com:/opt/PostgreSQL
```

   Проверить, что будет делать команда, можно, воспользовавшись параметром rsync `--dry-run`. Выполнить rsync на ведущем необходимо как минимум с одним ведомым, но затем, пока обновлённый ведомый остаётся остановленным, можно запускать rsync на нём для обновления других ведомых.

   В ходе этой операции записываются ссылки, созданные режимом ссылок pg_upgrade, связывающие файлы нового и старого кластера на ведущем сервере. Затем в старом кластере ведомого находятся соответствующие файлы и в новом кластере ведомого создаются ссылки на них. Файлы, не связанные ссылками на ведущем, копируются с него на ведомый. (Обычно их объём невелик.) Это позволяет произвести обновление ведомого быстро. К сожалению, при этом rsync будет напрасно копировать файлы, связанные с временными и нежурналируемыми таблицами, так как они обычно не будут существовать на ведомых серверах.

   Если у вас есть табличные пространства, вам потребуется выполнить подобную команду rsync для каталогов всех табличных пространств, например:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive /vol1/
pg_tblsp/PG_9.5_201510051 \
      /vol1/pg_tblsp/PG_9.6_201608131 standby.example.com:/vol1/pg_tblsp
```

   Если вы вынесли `pg_wal` за пределы каталогов данных, нужно будет запустить rsync и для этих каталогов.

g. **Настройте ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала**

   Настройте серверы для трансляции журнала. (Запускать `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` или делать копию файловой системы не нужно, так как ведомые серверы остаются синхронизированными с ведущим.) Слоты репликации не копируются, их нужно создавать заново.

12. **Восстановить `pg_hba.conf`**

Если вы изменяли `pg_hba.conf`, восстановите его исходное состояние. Также может потребоваться скорректировать другие файлы конфигурации в новом кластере, чтобы они соответствовали старому, например, `postgresql.conf` (и файлы, включённые в него) и `postgresql.auto.conf`.

13. **Запустить новый сервер**

    Теперь можно безопасно запустить новый сервер, а затем ведомые серверы, синхронизированные с ним с помощью rsync.

14. **Действия после обновления**

    Если после обновления требуются какие-то дополнительные действия, программа pg_upgrade выдаст предупреждения об этом по завершении работы. Она также сгенерирует файлы скриптов, которые должны запускаться администратором. Эти скрипты будут подключаться к каждой базе данных, требующей дополнительных операций. Каждый такой скрипт следует выполнять командой:

    ```
    psql --username=postgres --file=script.sql postgres
    ```

    Эти скрипты могут выполняться в любом порядке, а после выполнения их можно удалить.

    ### Внимание

    Обычно к таблицам, задействованным в перестраивающих базу скриптах, опасно обращаться, пока эти скрипты не сделают свою работу; при этом можно получить некорректный результат или плохую производительность. К таблицам, не задействованным в таких скриптах, можно обращаться немедленно.

15. **Статистика**

    Так как статистика оптимизатора не передаётся в процессе работы `pg_upgrade`, вы получите указание запустить соответствующую команду для воссоздания этой информации после обновления. Возможно, для этого вам понадобится установить параметры подключения к новому кластеру.

16. **Удалить старый кластер**

    Если вы удовлетворены результатами обновления, вы можете удалить каталоги данных старого кластера, запустив скрипт, упомянутый в выводе `pg_upgrade` после обновления. (Автоматическое удаление невозможно, если в старом каталоге данных находятся дополнительные табличные пространства.) Также вы можете удалить каталоги старой инсталляции (например, `bin`, `share`).

17. **Возврат к старому кластеру**

    Если выполнив команду `pg_upgrade`, вы захотите вернуться к старому кластеру, возможны следующие варианты:

    - Если использовался ключ `--check`, в старом кластере ничего не меняется; его можно просто перезапустить.
    - Если *не* использовался ключ `--link`, в старом кластере ничего не меняется; его можно просто перезапустить.
    - Если использовался ключ `--link`, у старого и нового кластера могут оказаться общие файлы данных:
        - Если работа `pg_upgrade` была прервана до начала расстановки ссылок, в старом кластере ничего не меняется; его можно просто перезапустить.
        - Если вы *не* запускали новый кластер, старый кластер не претерпел никаких изменений, за исключением того, что при создании ссылки на данные к имени `$PGDATA/global/pg_control` было добавлено окончание `.old`. Чтобы продолжить использование старого кластера, достаточно убрать окончание `.old` из имени файла `$PGDATA/global/pg_control`; после этого старый кластер можно будет перезапустить.
        - Если вы запускали новый кластер, он внёс изменения в общие файлы, и использовать старый кластер небезопасно. В этом случае старый кластер нужно будет восстановить из резервной копии.

Примечания

pg_upgrade создаёт в текущем рабочем каталоге различные временные файлы, например выгружая схему базы. В целях безопасности этот каталог не должен быть доступен для чтения и записи другим пользователям.

Программа pg_upgrade запускает на короткое время процессы postmaster со старым и новым каталогом данных. Временные файлы сокетов Unix для взаимодействия с этими процессами по умолчанию создаются в текущем рабочем каталоге. В некоторых ситуациях путь к файлу в текущем каталоге может оказаться слишком длинным для имени сокета. В этом случае вы можете передать параметр `-s`, чтобы файлы сокетов создавались в другом каталоге с более коротким путём. В целях безопасности этот каталог не должен быть доступен для чтения и записи другим пользователям. (В Windows это не поддерживается.)

Программа pg_upgrade сообщит обо всех актуальных для вашей инсталляции ошибках и потребностях перестроения или переиндексации базы; при этом будут созданы завершающие обновление скрипты, перестраивающие таблицы или индексы. Если вы попытаетесь автоматизировать обновление множества серверов, вы обнаружите, что для кластеров с одинаковыми схемами баз данных потребуются одинаковые действия после обновления; это объясняется тем, что эти действия диктуются схемой базы данных, а не данными пользователей.

Для проверки развёртывания новой версии создайте копию только схемы старого кластера, наполните этот кластер фиктивными данными, и попробуйте обновить его.

pg_upgrade не поддерживает обновление баз данных, в которых есть таблицы со столбцами, имеющими следующие системные типы данных `reg*`, ссылающиеся на OID:

```
regcollation
regconfig
regdictionary
regnamespace
regoper
regoperator
regproc
regprocedure
```

(Обновление `regclass`, `regrole` и `regtype` поддерживается.)

Если вы производите обновление кластера PostgreSQL версии до 9.2, в которой используется каталог только с файлами конфигурации, вы должны передать расположение собственно каталога с данными программе pg_upgrade, а расположение каталога конфигурации передать серверу, например `-d /каталог-данных -o '-D /каталог-конфигурации'`.

Если вы используете старый сервер версии до 9.1, работающий с нестандартным каталогом Unix-сокетов, либо его стандартное расположение отличается от принятого в новой версии, задайте в `PGHOST` расположение сокета старого сервера. (К Windows это не относится.)

Если вы хотите использовать режим ссылок на данные, но при этом исключить изменения в старом кластере при запуске нового, вам может подойти режим клонирования. Если же этот режим недоступен, сделайте копию старого кластера и обновите его в этом режиме. Чтобы получить рабочую копию старого кластера, воспользуйтесь командой `rsync` и создайте предварительную копию кластера при работающем сервере, а затем отключите старый сервер и ещё раз запустите `rsync --checksum`, чтобы привести эту копию в согласованное состояние. (Ключ `--checksum` необходим, потому что `rsync` различает время с точностью только до секунд.) При этом вы можете исключить некоторые файлы, например `postmaster.pid`, как описано в Подразделе 25.3.3. Если ваша файловая система поддерживает снимки файловой системы или копирование при записи, вы можете воспользоваться этим для создания копии старого кластера и табличных пространств; при этом важно, чтобы такие снимки и копии файлов создавались одномоментно или когда сервер баз данных отключён.

См. также

initdb, pg_ctl, pg_dump, postgres

pg_waldump

pg_waldump — вывести журнал предзаписи кластера БД PostgreSQL в понятном человеку виде

Синтаксис

`pg_waldump` [`параметр`...] [`начальный_сегмент` [`конечный_сегмент`]]

Описание

Программа `pg_waldump` показывает содержимое журнала предзаписи (WAL) и прежде всего полезна для целей отладки и обучения.

Эту утилиту может запускать только пользователь, установивший сервер, так как ей требуется доступ на чтение к каталогу данных.

Параметры

Следующие аргументы командной строки задают расположение данных и формат вывода:

`начальный_сегмент`

Начать чтение с указанного файла сегмента журнала. Это неявно определяет каталог, в котором будут находиться файлы, и целевую линию времени.

`конечный_сегмент`

Остановиться после чтения указанного файла сегмента журнала.

`-b`
`--bkp-details`

Выводить подробные сведения о блоках-копиях страниц.

`-e` *`конец`*
`--end=`*`конец`*

Прекратить чтение в заданной позиции в WAL, а не читать поток до конца.

`-f`
`--follow`

Достигнув конца корректного WAL, проверять раз в секунду поступление новых записей WAL.

`-n` *`предел`*
`--limit=`*`предел`*

Вывести заданное число записей и остановиться.

`-p` *`путь`*
`--path=`*`путь`*

Задаёт каталог, содержащий файлы сегментов журнала, либо каталог с подкаталогом `pg_wal`, содержащим такие файлы. По умолчанию в поисках этих файлов просматривается текущий каталог, подкаталог `pg_wal` текущего каталога и подкаталог `pg_wal` каталога `PGDATA`.

`-q`
`--quiet`

Не выводить ничего кроме ошибок. Этот ключ может быть полезен, когда вы хотите узнать, можно ли полностью разобрать диапазон записей WAL, но собственно содержимое записей вас не интересует.

`-r` *`менеджер_ресурсов`*
`--rmgr=`*`менеджер_ресурсов`*

Выводить только записи, созданные указанным менеджером ресурсов. Когда в качестве имени менеджера передаётся `list`, программа выводит только список возможных имён менеджеров ресурсов и завершается.

`-s` *`начало`*
`--start=`*`начало`*

Позиция в WAL, с которой нужно начать чтение. По умолчанию чтение начинается с первой корректной записи журнала в самом первом из найденных файлов.

`-t` *`линия_времени`*
`--timeline=`*`линия_времени`*

Линия времени, из которой будут читаться записи журнала. По умолчанию используется значение, заданное параметром *`начальный_сегмент`*, если он присутствует, а иначе — 1.

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_waldump и завершиться.

`-x` *`xid`*
`--xid=`*`xid`*

Вывести только записи, относящиеся к указанной транзакции.

`-z`
`--stats[=record]`

Вывести общую статистику (число и размер записей и образов полных страниц) вместо отдельных записей. Возможен вариант получения статистики по записям, а не по менеджерам ресурсов.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_waldump и завершиться.

Переменные окружения

`PGDATA`

Каталог данных; также см. параметр `-p`.

`PG_COLOR`

Выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Когда сервер работает, результаты могут быть некорректными.

Выводятся записи только указанной линии времени (или линии времени по умолчанию, если она не задана явно). Записи в других линиях времени игнорируются.

pg_waldump не будет читать файлы WAL с расширением `.partial`. Если требуется прочитать такие файлы, расширение `.partial` нужно убрать из их имён.

См. также

Раздел 29.5

postgres

postgres — сервер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

`postgres` [*параметр*...]

Описание

`postgres` это сервер баз данных PostgreSQL. Для получения доступа к базе данных клиент устанавливает соединение (локально или по сети) с сервером `postgres`. После установки соединения сервер `postgres` поднимает выделенный процесс для его обслуживания.

Один экземпляр `postgres` всегда управляет данными ровно одного кластера баз данных. Кластер — это коллекция баз данных, хранящихся в файловой системе в определённом размещении («области данных»). На одном физическом сервере можно запустить несколько экземпляров `postgres` одновременно, при условии, что они используют различные области данных и порты. При запуске `postgres` необходимо указать размещение данных, которое задаётся в параметре `-D` или переменной окружения `PGDATA`, значение по умолчанию отсутствует. Обычно `-D` или `PGDATA` указывает на каталог, созданный во время развёртывания кластера с помощью initdb. Иные варианты рассмотрены в Разделе 19.2.

По умолчанию `postgres` запускается не в фоновом режиме, а вывод журнала осуществляет в стандартный поток ошибок. На практике `postgres` должен запускаться в фоновом режиме, возможно, при старте системы.

Команду `postgres` также возможно использовать в однопользовательском режиме. В основном этот режим используется на этапе инициализации при выполнении initdb. Иногда он также применяется в целях отладки или после аварийного сбоя. Заметьте, что однопользовательский режим не вполне подходит для отладки сервера ввиду отсутствия в нём межпроцессного взаимодействия и блокировок. Когда сервер запускается в однопользовательском режиме из командной строки, он может принимать запросы и выводить их результаты на экран, но формат этого вывода ориентирован больше на разработчиков, чем на обычных пользователей. В этом режиме текущим пользователем считается пользователь под номером 1, который неявно наделяется правами суперпользователя. При этом данный пользователь может фактически не существовать, поэтому в ряде случаев этот режим даёт возможность вручную восстановить базу при повреждении системных каталогов.

Параметры

Программа `postgres` принимает следующие аргументы командной строки. За подробным описанием параметров обратитесь к Главе 19. От необходимости вводить большинство этих параметров можно избавиться, записав их в файл конфигурации. Некоторые (безопасные) параметры можно также задать со стороны подключающегося клиента (в зависимости от приложения), чтобы они применялись только к одному сеансу. Например, если установлена переменная окружения `PGOPTIONS`, клиенты на базе libpq передадут эту строку серверу, который воспримет её как параметры, передаваемые в командной строке `postgres`.

Параметры общего назначения

`-B` *количество-буферов*

Устанавливает количество разделяемых между процессами буферов. Значение по умолчанию выбирается автоматически при развёртывании кластера с помощью initdb. Установка флага аналогична конфигурации параметра shared_buffers.

`-c` *имя*=*значение*

Устанавливает заданный параметр времени выполнения. Конфигурационные параметры, поддерживаемые PostgreSQL, описаны в Главе 19. Большинство других параметров командной строки на самом деле представляют собой краткие формы такого присваивания значений параметрам. Для установления нескольких параметров `-c` можно указывать многократно.

`-C` *имя*

Отображает значение заданного параметра времени выполнения и завершается (подробнее см. выше). Можно применять на работающем сервере, при этом будут возвращены значения `postgresql.conf` с учётом проведённых в рамках вызова изменений. Значения, переданные при старте кластера, не отображаются.

Параметр предназначен для приложений, взаимодействующих с сервером, например pg_ctl, и запрашивающих параметры конфигурации. Пользовательские приложения должны использовать команду SHOW или представление `pg_settings`.

`-d` *уровень-отладки*

Устанавливает уровень отладки (от 1 до 5). Чем выше значение, тем подробнее осуществляется вывод в журнал сервера. Также возможно передать `-d 0` для отдельного сеанса, что предотвратит в его рамках влияние выставленного для `postgres` значения.

`-D` *каталог_данных*

Указывает размещение конфигурационных файлов базы в пределах файловой системы. За подробностями обратитесь к Разделу 19.2.

`-e`

Устанавливает формат вводимых дат по умолчанию в «European» с последовательностью значений `DMY`. Также влияет на вывод дня, идущего перед значением месяца, более подробно см. Раздел 8.5.

`-F`

Отключает вызовы `fsync` для увеличения производительности, но с увеличением рисков потери данных в случае краха системы. Этот параметр работает аналогично параметру конфигурации fsync. Внимательно прочтите документацию перед использованием данного параметра!

`-h` *компьютер*

Указывает IP-адрес или имя компьютера, на котором сервер `postgres` принимает клиентские подключения по TCP/IP. Значением может быть список адресов, разделённых запятыми, либо символ `*`, обозначающий все доступные интерфейсы. Если значение опущено, то подключения принимаются только через Unix-сокеты. По умолчанию принимаются подключения только к localhost. Флаг работает аналогично конфигурационному параметру listen_addresses.

`-i`

Позволяет клиентам подключаться по TCP/IP. Без этого параметра допускаются лишь локальные подключения. Действие этого параметра аналогично действию параметра конфигурации `listen_addresses` со значением `*` в `postgresql.conf` или ключа `-h`.

Параметр устарел, так как не даёт полной функциональности listen_addresses. Лучше устанавливать значение `listen_addresses` напрямую.

`-k` *каталог*

Указывает каталог Unix-сокета, через который `postgres` будет принимать подключения. Значением параметра может быть список каталогов через запятую. Если это значение пустое, использование Unix-сокетов запрещается, разрешаются только подключения по TCP/IP. По умолчанию выбирается каталог `/tmp`, но его можно сменить на этапе компиляции. Этот параметр действует аналогично параметру конфигурации unix_socket_directories.

`-l`

Включает поддержку безопасных соединений с использованием SSL шифрования. PostgreSQL необходимо скомпилировать с поддержкой SSL для использования этого флага. Подробнее использование SSL описано в Раздел 18.9.

`-N` *`максимальное количество соединений`*

Устанавливает максимально возможное количество одновременных клиентских соединений. Значение по умолчанию устанавливается автоматически на этапе развёртывания с помощью initdb. Флаг работает аналогично конфигурационному параметру max_connections.

`-o` *`дополнительные-параметры`*

Аргументы командной строки, поступившие через *`дополнительные-параметры`*, передаются всем обслуживающим процессам, запускаемым этим процессом `postgres`.

Пробелы в строке *`дополнительные-параметры`* воспринимаются как разделяющие аргументы, если перед ними нет обратной косой черты (\); чтобы представить обратную косую черту буквально, продублируйте её (\\). Также можно задать несколько аргументов, используя `-o` несколько раз.

Использование этого параметра считается устаревшим, так как на данный момент все параметры `postgres` можно задать в командной строке.

`-p` *`порт`*

Указывает порт TCP/IP или расширение файла локального Unix-сокета, через который `postgres` принимает подключения клиентских приложений. По умолчанию принимает значение переменной окружения `PGPORT`, или, если значение `PGPORT` не установлено, то используется значение, установленное на этапе компиляции (обычно это 5432). Если значение порта меняется, то на стороне клиентов это необходимо учитывать, установив, либо `PGPORT`, либо флаг командной строки.

`-s`

Отображает информацию о времени и другую статистику после каждой выполненной команды, что полезно для оценки производительности во время настройки количества буферов.

`-S` *`рабочая-память`*

Указывает базовый объём памяти, который сервер будет использовать для сортировок и хеш-таблиц, прежде чем прибегнуть к использованию временных файлов на диске. Обратитесь к описанию параметра `work_mem`, приведённому в Подразделе 19.4.1.

`-V`
`--version`

Отображает версию postgres и прерывает дальнейшее выполнение.

`--`*`имя=значение`*

Устанавливает заданный параметр времени выполнения. Является короткой формой ключа `-c`.

`--describe-config`

Выводит значения конфигурационных переменных сервера, их описаний и значений по умолчанию в формате команды `COPY` со знаком табуляции в качестве разделителя. В основном это предназначено для средств администрирования.

`-?`
`--help`

Выводит помощь по аргументам команды postgres.

Параметры для внутреннего использования

Далее описанные параметры, в основном, применяются в целях отладки, а в некоторых случаях при восстановлении сильно повреждённых баз данных. Их описание приведено для системных разработчиков PostgreSQL, поэтому они могут быть изменены без уведомления.

`-f { s | i | o | b | t | n | m | h }`

Запрещает использование специфических методов сканирования и объединения: `s` и `i` выключают последовательное сканирование и по индексу соответственно, а `o`, `b` и `t` выключает сканирование только по индексу, сканирование по битовым векторам, и сканирование по ID кортежей соответственно, в то время как `n`, `m` и `h` выключает вложенные циклы, слияния и хеширование соответственно.

Ни последовательное сканирование, ни вложенные циклы невозможно выключить полностью. Флаги `-fs` и `-fn` просто указывают планировщику избегать выполнения этих операций при наличии других альтернатив.

`-n`

Параметр предназначен для отладки сервера в случае аномального завершения процесса. Обычная практика в таком случае — завершение порождённых процессов с дальнейшей инициализацией разделяемой памяти и семафоров. Это связано с тем, что потерянный процесс мог повредить область разделяемой памяти. Параметр указывает `postgres` не производить повторной инициализации общих структур данных, что позволяет произвести дальнейшую отладку текущего состояния памяти и семафоров.

`-O`

Разрешает модифицировать структуру системных таблиц. Используется командой `initdb`.

`-P`

Игнорировать системные индексы при чтении, но продолжать обновлять их при изменениях системных таблиц. Это используется при их восстановлении после повреждения.

`-t pa[rser] | pl[anner] | e[xecutor]`

Выводит статистику по времени исполнения каждого запроса в контексте каждого системного модуля. Использование флага совместно с `-s` невозможно.

`-T`

Параметр предназначен для отладки сервера в случае аномального завершения процесса. Обычная практика в таком случае — завершение порождённых процессов с дальнейшей инициализацией разделяемой памяти и семафоров. Это связано с тем, что потерянный процесс мог повредить область разделяемой памяти. Параметр указывает `postgres` на необходимость остановки порождённых процессов сигналом `SIGSTOP`, но не завершит их, что позволяет разработчикам сделать снимки памяти процессов.

`-v` *протокол*

Указывает для данного сеанса версию протокола взаимодействия сервера с клиентом. Флаг используется лишь для внутренних целей.

`-W` *секунды*

При старте сервера производится задержка на указанное количество секунд, после чего производится процедура аутентификации, что позволяет подключить отладчик к процессу.

Параметры для однопользовательского режима

Следующие параметры применимы только для однопользовательского режима (см. раздел Однопользовательский режим ниже).

`--single`

Устанавливает однопользовательский режим. Параметр должен идти первым в командной строке.

база_данных

Указывает имя базы данных, к которой производится подключение. Параметр должен идти последним в командной строке. Если не указан, то используется имя текущего системного пользователя.

`-E`

Выводить все команды в устройство стандартного вывода прежде чем выполнять их.

`-j`

Считать признаком окончания ввода команды точку с запятой с двумя переводами строки, а не один перевод строки.

`-r` *имя_файла*

Отправляет вывод журнала сервера в файл *filename*. Этот параметр применяется лишь при запуске из командной строки.

Переменные окружения

`PGCLIENTENCODING`

Кодировка, используемая клиентом по умолчанию. Может переопределяться на стороне клиента, а также устанавливаться в конфигурационном файле сервера.

`PGDATA`

Каталог размещения данных кластера по умолчанию

`PGDATESTYLE`

Значение по умолчанию для параметра времени выполнения DateStyle. Применение этой переменной является устаревшим.

`PGPORT`

Порт по умолчанию, лучше устанавливать в конфигурационном файле.

Диагностика

Ошибки с упоминанием о `semget` или `shmget` говорят о возможной необходимости проведения более оптимального конфигурирования ядра. Подробнее это обсуждается в Разделе 18.4. Отложить переконфигурирование можно, уменьшив shared_buffers для снижения общего потребления разделяемой памяти PostgreSQL и/или уменьшив max_connections для снижения затрат на использование семафоров.

Необходимо внимательно проверять сообщения об ошибке с упоминанием о другом запущенном экземпляре, например, с использованием команды

```
$ ps ax | grep postgres
```

или

```
$ ps -ef | grep postgres
```

в зависимости от ОС. Если есть полная уверенность, что противоречий нет, необходимо самостоятельно удалить упомянутый в сообщении запирающий файл и повторить попытку.

Упоминание о невозможности привязки к порту в сообщениях об ошибках может указывать на то, что он уже занят другим процессом помимо PostgreSQL. Также сообщение может возникнуть при мгновенном рестарте `postgres` на том же порту. В этом случае нужно немного подождать, пока ОС не закроет порт, и повторить попытку. Ещё возможна ситуация, в которой используется резервный системный порт. Например, многие Unix-подобные ОС резервируют «доверительные» порты от 1024 и ниже, и лишь суперпользователь имеет к ним доступ.

Примечания

Для комфортного запуска и остановки сервера можно использовать утилиту pg_ctl.

Если возможно, *не используйте* сигнал `SIGKILL` для головного процесса `postgres`. В этом случае `postgres` не освободит системные ресурсы, например, разделяемую память и семафоры. Это может привести к проблемам при повторном запуске `postgres`.

Для корректного завершения `postgres` используются сигналы `SIGTERM`, `SIGINT` или `SIGQUIT`. При первом будут ожидаться все дочерние процессы до их завершения, второй приведёт к принудительному закрытию соединений, а третий — к незамедлительному выходу без корректного завершения, приводящему к необходимости выполнения процедуры восстановления на следующем старте.

Получая сигнал `SIGHUP`, сервер перечитывает свои файлы конфигурации. Также возможно отправить `SIGHUP` отдельному процессу, но это чаще всего бессмысленно.

Для отмены исполняющегося запроса, отправьте `SIGINT` обслуживающему его процессу. Для чистого завершения серверного процесса отправьте ему `SIGTERM`. Также см. `pg_cancel_backend` и `pg_terminate_backend` в Подразделе 9.27.2, которые являются аналогами в форме SQL-инструкций.

Сервер `postgres` обрабатывает `SIGQUIT` для завершения дочерних процессов в грязную, и сигнал *не должен* отправляться пользователем. Также не стоит посылать `SIGKILL` серверному процессу — головной `postgres` процесс расценит это как аварию и принудительно завершит остальные порождённые, как это было бы сделано при процедуре восстановления после сбоя.

Ошибки

Флаги, начинающиеся с `--` не работают в ОС FreeBSD или OpenBSD. Чтобы обойти это, используйте `-c`. Это ошибка ОС. В будущих релизах PostgreSQL будет предоставлен обходной путь, если ошибка так и не будет устранена.

Однопользовательский режим

Для запуска сервера в однопользовательском режиме используется, например, команда

`postgres --single -D /usr/local/pgsql/data` ***другие параметры*** **`my_database`**

Необходимо указать корректный путь к каталогу хранения данных в параметре `-D`, или установить переменную окружения `PGDATA`. Также замените имя базы данных на необходимое.

Обычно перевод строки в однопользовательском режиме сервер воспринимает как завершение ввода команды; точка с запятой не имеет для него такого значения, как для psql. Поэтому, чтобы ввести команду, занимающую несколько строк, необходимо добавлять в конце каждой строки, кроме последней, обратную косую черту. Обратная косая черта и следующий за ней символ перевода строки автоматически убираются из вводимой команды. Заметьте, что это происходит даже внутри строковой константы или комментария.

Но если применить аргумент командной строки `-j`, одиночный символ перевода строки не будет завершать ввод команды; это будет делать последовательность «точка с запятой, перевод строки, перевод строки». То есть для завершения команды нужно ввести точку с запятой, и сразу за ней пустую строку. Просто точка с запятой, дополненная переводом строки, в этом режиме не имеет специального значения. Внутри строковых констант и комментариев такая завершающая последовательность воспринимается в том же ключе.

Вне зависимости от режима ввода, символ точки с запятой, введённый не прямо перед или в составе последовательности завершения команды, воспринимается как разделитель команд. После ввода завершающей последовательности введённые с разделителями несколько операторов будут выполняться в одной транзакции.

Для завершения сеанса введите символ конца файла (EOF, обычно это сочетание **Control+D**). Если вы вводили текст после окончания ввода последней команды, символ EOF будет воспринят как символ завершения команды, и для выхода потребуется ещё один EOF.

Заметьте, что однопользовательский режим не предоставляет особых возможностей для редактирования команд (например, нет истории команд). Также в однопользовательском режиме не производятся никакие фоновые действия, например, не выполняются автоматические контрольные точки или репликация.

Примеры

Для запуска `postgres` в фоновом режиме с параметрами по умолчанию:

```
$ nohup postgres >logfile 2>&1 </dev/null &
```

Для запуска `postgres` с определённым портом, например, 1234:

```
$ postgres -p 1234
```

Для соединения с помощью psql укажите этот порт в параметре -p:

```
$ psql -p 1234
```

или в переменной окружения `PGPORT`:

```
$ export PGPORT=1234
$ psql
```

Именованный параметр времени выполнения можно указать одним из приведённых способом:

```
$ postgres -c work_mem=1234
$ postgres --work-mem=1234
```

Любой из методов переопределяет значение `work_mem` конфигурации `postgresql.conf`. Символ подчёркивания в именах можно указать и в виде тире. Задавать параметры обычно (не считая кратковременных экспериментов) лучше в `postgresql.conf`, а не в аргументах командной строки.

См. также

initdb, pg_ctl

postmaster

postmaster — сервер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

`postmaster` [*параметр*...]

Описание

`postmaster` это устаревшее название `postgres`.

См. также

postgres

Часть VII. Внутреннее устройство

Содержит разнообразную информацию, полезную для разработчиков PostgreSQL.

Глава 50. Обзор внутреннего устройства PostgreSQL

Автор

Основой этой главы послужил материал дипломной работы sim98, написанной Стефаном Симковичем (Stefan Simkovics) в Венском техническом университете под руководством профессора Георга Готлоба (Georg Gottlob) и его ассистентки Катрин Сейр (Katrin Seyr).

В этой главе даётся обзор внутренней организации сервера PostgreSQL. Прочитав следующие разделы, вы получите представление о том, как обрабатывается запрос. Здесь мы не стремились подробно описывать внутренние операции PostgreSQL, так как это заняло бы слишком большой объём. Основная цель этой главы другая — помочь читателю понять общую последовательность действий, выполняемых сервером с момента получения запроса до момента выдачи результатов клиенту.

50.1. Путь запроса

Ниже мы кратко опишем этапы, которые проходит запрос для получения результата.

1. Прикладная программа устанавливает подключение к серверу PostgreSQL. Эта программа передаёт запрос на сервер и ждёт от него результатов.
2. На *этапе разбора запроса* сервер выполняет синтаксическую проверку запроса, переданного прикладной программой, и создаёт *дерево запроса*.
3. *Система правил* принимает дерево запроса, созданное на стадии разбора, и ищет в *системных каталогах правила* для применения к этому дереву. Обнаружив подходящие правила, она выполняет преобразования, заданные в *теле правил*.

   Одно из применений системы правил заключается в реализации *представлений*. Когда выполняется запрос к представлению (т. е. *виртуальной таблице*), система правил преобразует запрос пользователя в запрос, обращающийся не к представлению, а к *базовым таблицам* из *определения представления*.
4. *Планировщик/оптимизатор* принимает дерево запроса (возможно, переписанное) и создаёт *план запроса*, который будет передан *исполнителю*.

   Он выбирает план, сначала рассматривая все возможные варианты получения одного и того же результата. Например, если для обрабатываемого отношения создан индекс, прочитать отношение можно двумя способами. Во-первых, можно выполнить простое последовательное сканирование, а во-вторых, можно использовать индекс. Затем оценивается стоимость каждого варианта и выбирается самый дешёвый. Затем выбранный вариант разворачивается в полноценный план, который сможет использовать исполнитель.
5. Исполнитель рекурсивно проходит по *дереву плана* и получает строки тем способом, который указан в плане. Он сканирует отношения, обращаясь к *системе хранения*, выполняет *сортировку* и *соединения*, вычисляет *условия фильтра* и, наконец, возвращает полученные строки.

В следующих разделах мы более подробно рассмотрим каждый из этих этапов, чтобы дать представление о внутренних механизмах и структурах данных PostgreSQL.

50.2. Как устанавливаются соединения

PostgreSQL реализует простую клиент-серверную модель по схеме «процесс для пользователя». В такой схеме один *клиентский процесс* подключается к одному отдельному *серверному процессу*. Так как мы не знаем заранее, сколько подключений будет, нам нужен *главный процесс*, который будет запускать новый процесс при каждом запросе подключения. Главный процесс называется `postgres` и принимает входящие подключения в заданном порту TCP/IP. Получив запрос на подключение, процесс `postgres` порождает новый серверный процесс. Серверные задачи взаимодействуют между собой через *семафоры* и *разделяемую память*, чтобы обеспечить целостность данных при одновременном обращении к ним.

Клиентским процессом может быть любая программа, которая понимает протокол PostgreSQL, описанный в Главе 52. Многие клиенты базируются на библиотеке libpq для языка C, но есть и другие независимые реализации этого протокола, например, драйвер JDBC для Java.

Установив подключение, клиентский процесс может передать запрос серверу. Запрос передаётся в обычном текстовом виде, клиент не занимается его анализом. Сервер разбирает запрос, строит *план выполнения*, выполняет его и возвращает полученные строки клиенту, передавая их через установленное подключение.

50.3. Этап разбора

Этап разбора разделяется на две части:

- *Разбор*, алгоритм которого описан в `gram.y` и `scan.l`, а программный код генерируется инструментами Unix bison и flex.
- *Преобразование*, в процессе которого модифицируются и дополняются структуры данных, полученные после разбора запроса.

50.3.1. Разбор

При разборе проверяется сначала синтаксис строки запроса (поступающей в виде неструктурированного текста). Если он правильный, строится *дерево запроса* и передаётся дальше, в противном случае возвращается ошибка. Лексический и синтаксический анализ реализован с применением хорошо известных средств Unix bison и flex.

Лексическая структура определяется в файле `scan.l` и описывает *идентификаторы*, *ключевые слова SQL* и т. д. Для каждого найденного ключевого слова или идентификатора генерируется *символ языка*, который затем передаётся синтаксическому анализатору.

Синтаксис языка определён в файле `gram.y` в виде набора *грамматических правил* и *действий*, которые должны выполняться при срабатывании правил. Для построения дерева разбора используется код действий (это действительно код на C).

Файл `scan.l` преобразуется в программу на C `scan.c` с помощью flex, а `gram.y` — в `gram.c` с помощью bison. После этих преобразований исполняемый код анализатора создаётся обычным компилятором C. Никогда не вносите коррективы в сгенерированные файлы C, так как они будут перезаписаны при следующем вызове flex или bison.

> **Примечание**
>
> Упомянутые преобразования и компиляция обычно производятся автоматически сборочными файлами *Makefile*, поставляемыми в составе дистрибутива PostgreSQL.

Подробное описание bison и грамматических правил в `gram.y` выходит за рамки данной главы. Узнать больше о flex и bison можно из книг и документации. Изучение грамматики, описанной в `gram.y`, следует начать со знакомства с bison, иначе будет трудно понять, что там происходит.

50.3.2. Преобразование

На этой стадии дерево разбора создаётся только с фиксированными знаниями о синтаксической структуре SQL. При его создании не просматриваются системные каталоги, что не даёт возможность понять конкретную семантику запрошенной операции. После этого выполняется *процедура преобразования*, которая принимает дерево разбора от анализатора и выполняет семантический анализ, необходимый для понимания, к каким именно таблицам, функциям и операторам обращается запрос. Структура данных, которая создаётся для представления этой информации, называется *деревом запроса*.

Синтаксический разбор отделён от семантического анализа, потому что обращаться к системным каталогам можно только внутри транзакции, а начинать транзакцию сразу после получения строки с запросом нежелательно. Синтаксического разбора достаточно, чтобы распознать команды управления транзакциями (`BEGIN`, `ROLLBACK` и т. д.), поэтому их можно выполнить без дальнейшего анализа. Убедившись, что мы имеем дело с собственно запросом (например, `SELECT` или `UPDATE`), можно начинать транзакцию, если она ещё не начата. Только после этого можно переходить к процедуре преобразования.

Дерево запроса, создаваемое процедурой преобразования, по структуре во многом похоже на дерево разбора, но отличается во многих деталях. Например, узел `FuncCall` в дереве разбора представляет то, что по синтаксису похоже на вызов функции. Этот узел может быть преобразован в узел `FuncExpr` или `Aggref` в зависимости от того, какой (обычной или агрегатной) окажется функция с заданным именем. Кроме того, в дерево запроса добавляется информация о фактических типах данных столбцов и результатов выражений.

50.4. Система правил PostgreSQL

PostgreSQL поддерживает мощную *систему правил* для создания *представлений* и возможности *изменения представлений*. Система правил PostgreSQL претерпела две реализации:

- Первый вариант производил обработку на *уровне строк* и был внедрён глубоко в *исполнителе*. Этот обработчик правил вызывался при обращении к каждой отдельной строке. Эта реализация была ликвидирована в 1995 г., когда последний официальный выпуск Berkeley Postgres превратился в Postgres95.
- Во втором воплощении системы правил применили так называемое *переписывание запроса*. *Система переписывания* реализована в механизме, внедрённом между *анализатором* и *планировщиком/оптимизатором*. Этот механизм работает и сегодня.

Механизм переписывания запросов подробно обсуждается в Главе 40, так что здесь мы его не рассматриваем. Мы только отметим, что и на входе, и на выходе у него деревья запросов, то есть представление или уровень семантической детализации он не меняет. Переписывание запроса можно считать формой расширения макросов.

50.5. Планировщик/оптимизатор

Задача *планировщика/оптимизатора* — построить наилучший план выполнения. Определённый SQL-запрос (а значит, и дерево запроса) на самом деле можно выполнить самыми разными способами, при этом получая одни и те же результаты. Если это не требует больших вычислений, оптимизатор запросов будет перебирать все возможные варианты планов, чтобы в итоге выбрать тот, который должен выполниться быстрее остальных.

> **Примечание**
>
> В некоторых ситуациях рассмотрение всех возможных вариантов выполнения запросов занимает слишком много времени и памяти. В частности, это имеет место при выполнении запросов с большим количеством операций соединения. Поэтому, чтобы выбрать разумный (но не обязательно наилучший) план запроса за приемлемое время, PostgreSQL использует *генетический оптимизатор запросов* (см. Главу 59), когда количество соединений превышает некоторый предел (см. geqo_threshold).

Процедура поиска лучшего плана на самом деле работает со структурами данных, называемыми *путями*, которые представляют собой упрощённые схемы планов, содержащие минимум информации, необходимый планировщику для принятия решений. Когда наиболее выгодный план выбран, строится полноценное *дерево плана*, которое и передаётся исполнителю. Оно описывает желаемый план выполнения достаточно подробно, чтобы исполнитель мог обработать его. В продолжении этого раздела мы будем считать, что планы и пути по сути одно и то же.

50.5.1. Выработка возможных планов

Сначала планировщик/оптимизатор вырабатывает планы для сканирования каждого отдельного отношения (таблицы), используемого в запросе. Множество возможных планов определяется в зависимости от наличия индексов в каждом отношении. Произвести последовательное сканирование отношения можно в любом случае, так что план последовательного сканирования создаётся всегда. Предположим, что для отношения создан индекс (например, индекс-B-дерево) и запрос содержит ограничение `отношение.атрибут ОПЕР константа`. Если окажется, что `отношение.атрибут` совпадает с ключом индекса-B-дерева и `ОПЕР` — один из операторов, входящих в *класс операторов* индекса, создаётся ещё один план, с использованием индекса-B-дерева для чтения отношения. Если находятся другие индексы, ключи которых соответствуют ограничениям запроса, могут добавиться и другие планы. Планы сканирования индекса также создаются для индексов, если их порядок сортировки соответствует предложению `ORDER BY` (если оно есть), или этот порядок может быть полезен для соединения слиянием (см. ниже).

Если в запросе требуется соединить два или несколько отношений, после того, как будут определены все подходящие планы сканирования отдельных отношений, рассматриваются планы соединения. При этом возможны три стратегии соединения:

- *соединение с вложенным циклом*: Правое отношение сканируется один раз для каждой строки, найденной в левом отношении. Эту стратегию легко реализовать, но она может быть очень трудоёмкой. (Однако если правое отношение можно сканировать по индексу, эта стратегия может быть удачной. Тогда значения из текущей строки левого отношения могут использоваться как ключи для сканирования по индексу справа.)
- *соединение слиянием*: Каждое отношение сортируется по атрибутам соединения до начала соединения. Затем два отношения сканируются параллельно и соответствующие строки, объединяясь, формируют строки соединения. Этот тип соединения более привлекательный, так как каждое отношение сканируется только один раз. Требуемый порядок сортировки можно получить, либо добавив явный этап сортировки, либо просканировав отношение в нужном порядке, используя индекс по ключу соединения.
- *соединение по хешу*: сначала сканируется правое отношение и формируется хеш-таблица, ключ в которой вычисляется по атрибутам соединения. Затем сканируется левое отношение и по тем же атрибутам в каждой строке вычисляется ключ для поиска в этой хеш-таблице соответствующих строк справа.

Когда в запросе задействованы более двух отношений, окончательный результат должен быть получен из дерева с узлами соединения, имеющими по два входа. Планировщик рассматривает все возможные последовательности соединения и выбирает самую выгодную.

Если число задействованных в запросе отношений меньше geqo_threshold, для поиска оптимальной последовательности соединений производится практически полный перебор. Планировщик отдаёт предпочтение соединениям между двумя отношениями, для которых есть соответствующее предложение соединения в условии `WHERE` (то есть, для которых находится ограничение вида `where табл1.атр1=табл2.атр2`). Пары соединения без подобного предложения рассматриваются, только если нет другого выбора, то есть когда для определённого отношения не находятся предложения соединения с каким-либо другим отношением. Планировщик рассматривает все возможные планы для каждой пары соединения и выбирает самый выгодный из них (по его оценке).

Если `geqo_threshold` превышается, последовательность соединений выбирается эвристическим путём, как описано в Главе 59. В остальном процесс планирования тот же.

Законченное дерево плана содержит узлы сканирования по индексу или последовательного сканирования базовых отношений, плюс узлы соединения с вложенным циклом, соединения слиянием или соединения по хешу (если требуется), плюс, возможно, узлы дополнительных действий, например, сортировки или вычисления агрегатных функций. Большинство из этих узлов могут дополнительно производить *отбор* (отбрасывать строки, не удовлетворяющие заданному логическому условию) и *расчёты* (вычислять производный набор столбцов по значениям заданных столбцов, то есть вычислять скалярные выражения). Одна из задач планировщика — добавить условия отбора из предложения `WHERE` и вычисления требуемых выходных выражений к наиболее подходящим узлам дерева плана.

50.6. Исполнитель

Исполнитель принимает план, созданный планировщиком/оптимизатором, и обрабатывает его рекурсивно, чтобы получить требуемый набор строк. Обработка выполняется по конвейеру, с получением данных по требованию. При вызове любого узла плана он должен выдать очередную строку, либо сообщить, что выдача строк завершена.

В качестве более конкретного примера, давайте предположим, что верхним узлом плана оказался узел `MergeJoin`. Для того чтобы выполнить какое-либо соединение, необходимо выбрать две строки (одну из каждого вложенного плана). Поэтому исполнитель рекурсивно вызывает себя для обработки вложенных планов (он начинает с плана `левого дерева`). Новый верхний узел (верхний узел левого вложенного плана) может быть, например, узлом `Sort`, и тогда для получения входной строки снова требуется рекурсия. Дочерним узлом `Sort` может быть узел `SeqScan`, представляющий собственно чтение таблицы. В результате выполнения этого узла исполнитель выбирает одну строку из таблицы и возвращает её вызывающему узлу. Узел `Sort`, в свою очередь, будет продолжать вызывать дочерний узел, пока не получит все строки для сортировки. Когда строки закончатся (дочерний узел сообщит об этом, возвратив NULL вместо строки), узел `Sort` выполнит сортировку, и наконец сможет выдать свою первую строку, а именно строку первую по порядку сортировки. Остальные строки будут сохраняться в нём, чтобы он мог выдавать их по порядку при последующих вызовах.

Узел `MergeJoin` подобным образом затребует первую строку и у вложенного плана справа. Затем он сравнивает две строки и определяет, можно ли их соединить; если да, он возвращает соединённую строки вызывающему узлу. При следующем вызове, или немедленно, если он не может соединить текущую пару поступивших строк, он переходит к следующей строке в одном отношении или в другом (в зависимости от результата сравнения) и снова проверяет соответствие. В конце концов, данные в одном или другом вложенном плане заканчиваются и узел `MergeJoin` возвращает NULL, показывая тем самым, что другие строки соединения получить нельзя.

Сложные запросы могут содержать много уровней вложенности узлов плана, но общий подход тот же: каждый узел вычисляет и возвращает следующую полученную строку при очередном вызове. Каждый узел также должен производить отбор и расчёты, которые были назначены ему планировщиком.

Механизм исполнителя применяется для обработки всех четырёх основных типов SQL-запросов: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. С `SELECT` код исполнителя верхнего уровня должен только выдать клиенту все строки, полученные от дерева плана запроса. Запросы `INSERT ... SELECT`, `UPDATE` и `DELETE` по сути выполняются как `SELECT` под специальным узлом `ModifyTable` на верхнем уровне плана.

Команда `INSERT ... SELECT` подаёт строки в узел `ModifyTable` для добавления в отношение. С `UPDATE` планировщик делает так, чтобы каждая вычисленная строка включала значения всех изменённых столбцов плюс *TID* (Tuple ID, идентификатор кортежа) исходной целевой строки; эти данные подаются в узел `ModifyTable`, который использует эту информацию, чтобы создать новую изменённую строку и пометить старую строку как удалённую. С `DELETE` план фактически возвращает только один столбец, TID, а узел `ModifyTable` использует значения TID, чтобы найти каждую целевую строку и пометить её как удалённую.

Простая команда `INSERT ... VALUES` создаёт тривиальное дерево плана, содержащее единственный узел `Result`, который вычисляет ровно одну строку результата и подаёт её в вышестоящий узел `ModifyTable` для добавления в отношение.

Глава 51. Системные каталоги

Системные каталоги — это место, где система управления реляционной базой данных хранит метаданные схемы, в частности информацию о таблицах и столбцах, а также служебные сведения. Системные каталоги PostgreSQL представляют собой обычные таблицы. Поэтому вы можете удалить и пересоздать их, добавить столбцы, изменить и добавить строки, т. е. разными способами вмешаться в работу системы. Обычно модифицировать системные каталоги вручную не следует, для всего этого, как правило, есть команды SQL. (Например, `CREATE DATABASE` вставляет строку в каталог `pg_database` — и фактически создаёт базу данных на диске.) Исключение составляют только особенные эзотерические операции, но многие из них со временем становятся выполнимыми посредством SQL-команд, так что потребность напрямую модифицировать системные каталоги постоянно уменьшается.

51.1. Обзор

В Таблице 51.1 перечислены системные каталоги. Подробное описание каждого каталога следует далее.

Большинство системных каталогов копируются из базы-шаблона при создании базы данных и затем принадлежат этой базе. Но некоторые каталоги физически разделяются всеми базами данных в кластере; это отмечено в их описаниях.

Таблица 51.1. Системные каталоги

Имя каталога	Предназначение
pg_aggregate	агрегатные функции
pg_am	методы доступа отношений
pg_amop	операторы методов доступа
pg_amproc	опорные функции методов доступа
pg_attrdef	значения столбцов по умолчанию
pg_attribute	столбцы таблиц («атрибуты»)
pg_authid	идентификаторы для авторизации (роли)
pg_auth_members	отношения членства для объектов авторизации
pg_cast	приведения (преобразования типов данных)
pg_class	таблицы, индексы, последовательности, представления («отношения»)
pg_collation	правила сортировки (параметры локали)
pg_constraint	ограничения-проверки, ограничения уникальности, ограничения первичного ключа и внешних ключей
pg_conversion	информация о перекодировках
pg_database	базы данных в этом кластере
pg_db_role_setting	параметры, задаваемые на уровне ролей и баз данных
pg_default_acl	права по умолчанию для различных типов объектов
pg_depend	зависимости между объектами базы данных
pg_description	описания или комментарии к объектам базы данных
pg_enum	определения меток и значений перечислений

Имя каталога	**Предназначение**
pg_event_trigger	событийные триггеры
pg_extension	установленные расширения
pg_foreign_data_wrapper	определения обёрток сторонних данных
pg_foreign_server	определения сторонних серверов
pg_foreign_table	дополнительные свойства сторонних таблиц
pg_index	дополнительные свойства индексов
pg_inherits	иерархия наследования таблиц
pg_init_privs	начальные права для объектов
pg_language	языки для написания функций
pg_largeobject	страницы данных для больших объектов
pg_largeobject_metadata	метаданные для больших объектов
pg_namespace	схемы
pg_opclass	классы операторов методов доступа
pg_operator	операторы
pg_opfamily	семейства операторов методов доступа
pg_partitioned_table	информация о ключах секционирования таблиц
pg_policy	политики защиты строк
pg_proc	функции и процедуры
pg_publication	публикации для логической репликации
pg_publication_rel	сопоставление отношений с публикациями
pg_range	информация о типах диапазонов
pg_replication_origin	зарегистрированные источники репликации
pg_rewrite	правила перезаписи запросов
pg_seclabel	метки безопасности для объектов базы данных
pg_sequence	информация о последовательностях
pg_shdepend	зависимости общих объектов
pg_shdescription	комментарии к общим объектам
pg_shseclabel	метки безопасности для общих объектов баз данных
pg_statistic	статистика планировщика
pg_statistic_ext	расширенная статистика планировщика (определение)
pg_statistic_ext_data	расширенная статистика планировщика (собранная статистика)
pg_subscription	подписки логической репликации
pg_subscription_rel	состояние отношений для подписок
pg_tablespace	табличные пространства в этом кластере баз данных
pg_transform	трансформации (тип данных для преобразований процедурных языков)
pg_trigger	триггеры

Имя каталога	Предназначение
pg_ts_config	конфигурации текстового поиска
pg_ts_config_map	сопоставления фрагментов в конфигурациях текстового поиска
pg_ts_dict	словари текстового поиска
pg_ts_parser	анализаторы текстового поиска
pg_ts_template	шаблоны текстового поиска
pg_type	типы данных
pg_user_mapping	сопоставления пользователей для сторонних серверов

51.2. pg_aggregate

В каталоге pg_aggregate хранится информация об агрегатных функциях. Агрегатная функция — это такая функция, которая работает с множеством значений (обычно, с содержимым одного столбца всех строк, удовлетворяющих условию запроса) и возвращает одно значение, вычисленное по этому множеству. Типичные агрегатные функции — sum, count и max. Все записи в pg_aggregate представляют собой дополнение записей в pg_proc. Запись в pg_proc определяет имя агрегатной функции, типы входных и выходных данных, а также другие свойства, подобные имеющимся у обычных функций.

Таблица 51.2. Столбцы pg_aggregate

Тип столбца Описание
aggfnoid regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID агрегатной функции в pg_proc
aggkind char Тип агрегатной функции: n — обычная («normal»), o — сортирующая («ordered-set») или h — гипотезирующая («hypothetical-set»)
aggnumdirectargs int2 Число непосредственных (не агрегируемых) аргументов для сортирующей или гипотезирующей агрегатной функции (переменный массив аргументов считается одним аргументом). Если равняется pronargs, агрегатная функция должна принимать переменный массив и этот массив описывает как агрегатные аргументы, так и окончательные непосредственные аргументы. Всегда равно нулю для обычных агрегатных функций.
aggtransfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция перехода
aggfinalfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция завершения (ноль, если её нет)
aggcombinefn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Комбинирующая функция (ноль, если её нет)
aggserialfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция сериализации (ноль, если её нет)
aggdeserialfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция десериализации (ноль, если её нет)
aggmtransfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция прямого перехода для режима движущегося агрегата (ноль, если её нет)
aggminvtransfn regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция обратного перехода для режима движущегося агрегата (ноль, если её нет)
aggmfinalfn regproc (ссылается на pg_proc .oid)

Тип столбца Описание
Функция завершения для режима движущегося агрегата (ноль, если её нет)
aggfinalextra bool Со значением True в aggfinalfn передаются дополнительные фиктивные аргументы
aggmfinalextra bool Со значением True в aggmfinalfn передаются дополнительные фиктивные аргументы
aggfinalmodify char Признак модифицирования переходного состояния функцией aggfinalfn: r, если состояние только читается; s, если функцию aggtransfn нельзя применять после aggfinalfn; и w, если состояние перезаписывается
aggmfinalmodify char Аналогично aggfinalmodify, но для aggmfinalfn
aggsortop oid (ссылается на pg_operator .oid) Связанный оператор сортировки (ноль, если его нет)
aggtranstype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных внутреннего состояния (перехода) агрегатной функции
aggtransspace int4 Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода, либо ноль для выбора значения по умолчанию
aggmtranstype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных внутреннего состояния (перехода) для агрегатной функции в режиме движущегося агрегата (ноль в случае отсутствия)
aggmtransspace int4 Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода для режима движущегося агрегата, либо ноль для выбора значения по умолчанию
agginitval text Начальное значение для состояния перехода. Это текстовое поле, содержащее значение в виде внешнего строкового представления. Если это поле содержит NULL, начальным значением состояния перехода будет NULL.
aggminitval text Начальное значение для состояния перехода в режиме движущегося агрегата. Это текстовое поле, содержащее значение в виде внешнего строкового представления. Если это поле содержит NULL, начальным значением состояния перехода будет NULL.

Новые агрегатные функции создаются командой CREATE AGGREGATE. За дополнительными сведениями о разработке агрегатных функций, значении функций перехода и т. д. обратитесь к Разделу 37.12.

51.3. pg_am

В каталоге pg_am хранится информация о методах доступа отношений. Каждая строка в нём описывает один метод доступа, поддерживаемый системой. В настоящее время методы доступа задаются только для таблиц и индексов. Требования для реализации табличных и индексных методов доступа подробно рассматриваются в Главе 60 и Главе 61.

Таблица 51.3. Столбцы pg_am

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
amname name

Тип столбца Описание
Имя метода доступа
amhandler regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции-обработчика, предоставляющей информацию о методе доступа
amtype char t = таблица (включая материализованные представления), i = индекс.

> **Примечание**
>
> До PostgreSQL 9.6, в pg_am было много дополнительных столбцов, представляющих свойства индексных методов доступа. Теперь эти данные непосредственно видны только на уровне кода C. Однако, чтобы SQL-запросы всё же могли проверять свойства индексных методов, была введена функция pg_index_column_has_property() и ряд связанных функций; см. Таблицу 9.68.

51.4. pg_amop

В каталоге pg_amop хранится информация об операторах, связанных с семействами операторов методов доступа. Каждая строка в нём описывает оператор, являющийся членом семейства операторов. Членом семейства может быть либо оператор *поиска*, либо оператор *упорядочивания*. Оператор может относиться к нескольким семействам, но он не может находиться в одном семействе в более чем одной позиции поиска или позиции упорядочивания. (Допустимо, хотя и маловероятно, что оператор будет использоваться и для поиска, и для упорядочивания.)

Таблица 51.4. Столбцы pg_amop

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
amopfamily oid (ссылается на pg_opfamily .oid) Семейство операторов, к которому относится эта запись
amoplefttype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных левого операнда оператора
amoprighttype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных правого операнда оператора
amopstrategy int2 Номер стратегии оператора
amoppurpose char Предназначение оператора: s — поиск (search), o — упорядочивание (ordering)
amopopr oid (ссылается на pg_operator .oid) OID оператора
amopmethod oid (ссылается на pg_am .oid) Индексный метод доступа, для которого предназначено семейство операторов
amopsortfamily oid (ссылается на pg_opfamily .oid) Семейство операторов B-дерева, в соответствии с которым сортирует данный оператор, если это оператор упорядочивания; ноль, если это оператор поиска

Запись оператора «поиска» указывает, что по индексу этого семейства операторов можно производить поиск и найти все строки, удовлетворяющие условию WHERE *столбец_индекса оператор кон-*

станта. Очевидно, такой оператор должен возвращать тип boolean, а тип его левого операнда должен соответствовать типу данных столбца индекса.

Запись оператора «упорядочивания» указывает, что по индексу этого семейства операторов можно провести сканирование и получить строки в порядке, заданном предложением ORDER BY *столбец_индекса оператор константа*. Такой оператор может возвращать любой сортируемый тип данных, хотя тип левого операнда должен так же соответствовать типу данных столбца индекса. Точная семантика ORDER BY определяется столбцом amopsortfamily, который должна указывать на семейство операторов B-дерева для типа, возвращаемого оператором.

> **Примечание**
>
> В настоящее время предполагается, что порядком сортировки для упорядочивающего оператора будет порядок по умолчанию для соответствующего семейства операторов, то есть, ASC NULLS LAST. Когда-нибудь для большей гибкости могут быть добавлены дополнительные столбцы, позволяющие явно задавать параметры сортировки.

Поле amopmethod в записи оператора должно соответствовать полю opfmethod содержащего его семейства (amopmethod добавлен сюда намеренно, эта денормализация структуры каталога объясняется соображениями производительности). Также, поля amoplefttype и amoprighttype должны соответствовать полям oprleft и oprright в записи pg_operator, на которую ссылается данная.

51.5. pg_amproc

В каталоге pg_amproc хранится информация об опорных функциях, связанных с семействами операторов методов доступа. Строки в нём описывают все опорные функции, принадлежащие семейству операторов.

Таблица 51.5. Столбцы pg_amproc

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
amprocfamily oid (ссылается на pg_opfamily .oid) Семейство операторов, к которому относится эта запись
amproclefttype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных левого операнда связанного оператора
amprocrighttype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных правого операнда связанного оператора
amprocnum int2 Номер опорной функции
amproc regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции

Обычно принято, что amproclefttype и amprocrighttype определяют типы левого и правого операнда оператора, который поддерживает конкретная опорная функция. Для некоторых методов доступа они соответствуют типам входных данных самой опорной функции, для других — нет. Есть понятие «стандартных» опорных функций для индекса; это такие функции, у которых amproclefttype и amprocrighttype равняются opcintype класса оператора индекса.

51.6. pg_attrdef

В каталоге pg_attrdef хранятся значения столбцов по умолчанию. Основная информация о столбцах хранится в pg_attribute. Данный же каталог содержит записи только для тех столбцов, для которых явно задаётся значение по умолчанию.

Таблица 51.6. Столбцы pg_attrdef

Тип столбца Описание
adrelid oid Идентификатор строки
adrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, к которой принадлежит столбец
adnum int2 (ссылается на pg_attribute .attnum) Номер столбца
adbin pg_node_tree Значение столбца по умолчанию, в формате nodeToString() . Чтобы преобразовать его в SQL-выражение, воспользуйтесь функцией pg_get_expr(adbin, adrelid) .

51.7. pg_attribute

В каталоге pg_attribute хранится информация о столбцах таблицы. Для каждого столбца каждой таблицы в pg_attribute существует ровно одна строка. (Также в этом каталоге будут записи для индексов и на самом деле для всех объектов, присутствующих в pg_class.)

Термин «атрибут» равнозначен «столбцу» и употребляется по историческим причинам.

Таблица 51.7. Столбцы pg_attribute

Тип столбца Описание
attrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, к которой принадлежит столбец
attname name Имя столбца
atttypid oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных этого столбца
attstattarget int4 Столбец attstattarget управляет детализацией статистики, собираемой по этому столбцу командой ANALYZE. Нулевое значение указывает, что статистика не собирается. При отрицательном значении используется системное ограничение статистики по умолчанию. Точное значение положительных величин определяется типом данных. Для скалярных типов данных, attstattarget задаёт и целевое число собираемых «самых частых значений», и целевое число создаваемых групп гистограммы.
attlen int2 Копия pg_type.typlen из записи типа столбца
attnum int2 Порядковый номер столбца. Обычные столбцы нумеруются по возрастанию, начиная с 1. Системные столбцы, такие как ctid, имеют (обычно) отрицательные номера.
attndims int4 Число размерностей, если столбец имеет тип массива; ноль в противном случае. (В настоящее время число размерностей массива не контролируется, поэтому любое ненулевое значение по сути означает «это массив».)
attcacheoff int4 Всегда -1 в постоянном хранилище, но когда запись загружается в память, в этом поле может кешироваться смещение атрибута в строке
atttypmod int4 В поле atttypmod записывается дополнительное число, связанное с определённым типом данных, указываемое при создании таблицы (например, максимальный размер

Тип столбца Описание
столбца varchar). Это значение передаётся функциям ввода и преобразования длины конкретного типа. Для типов, которым не нужен atttypmod, это обычно -1.
attbyval bool Копия pg_type.typbyval из записи типа столбца
attstorage char Обычно копия pg_type.typstorage из записи типа столбца. Для типов, поддерживающих TOAST, можно изменять это значение после создания столбца и таким образом управлять политикой хранения.
attalign char Копия pg_type.typalign из записи типа столбца
attnotnull bool Представляет ограничение NOT NULL.
atthasdef bool Столбец имеет значение по умолчанию или генерирующее выражение, в этом случае в каталоге pg_attrdef будет соответствующая запись, собственно задающая это выражение. (Определить, является ли это выражение генерирующим или оно вычисляет значение по умолчанию, можно по атрибуту attgenerated.)
atthasmissing bool Столбец имеет значение, которое используется, когда он полностью отсутствует в строке. Это имеет место, когда столбец добавляется с неизменчивым значением DEFAULT после создания строки. Фактическое значение хранится в attmissingval.
attidentity char Пустой символ ('') указывает, что это не столбец идентификации. Символ a указывает, что значение генерируется всегда, а d — что значение генерируется по умолчанию.
attgenerated char Если нулевой байт (''), это не генерируемый столбец. В противном случае, s означает, что генерируемое значение хранится (stored). (Другие значения могут быть добавлены в будущем.)
attisdropped bool Столбец был удалён и теперь не является рабочим. Удалённый столбец может по-прежнему физически присутствовать в таблице, но анализатор запросов его игнорирует, так что обратиться к нему из SQL нельзя.
attislocal bool Столбец определён локально в данном отношении. Заметьте, что столбец может быть определён локально и при этом наследоваться.
attinhcount int4 Число прямых предков этого столбца. Столбец с ненулевым числом предков нельзя удалить или переименовать.
attcollation oid (ссылается на pg_collation .oid) Заданное для столбца правило сортировки, либо ноль, если тип столбца не сортируемый.
attacl aclitem[] Права доступа к столбцу, если они были заданы непосредственно для этого столбца
attoptions text[] Параметры уровня атрибута, в виде строк «ключ=значение»
attfdwoptions text[] Параметры уровня атрибута для обёрток сторонних данных, в виде строк «ключ=значение»
attmissingval anyarray

Тип столбца Описание
В данном столбце размещается массив с одним элементом. Значение в этом элементе используется, когда столбец полностью отсутствует в строке, что имеет место, когда столбец добавляется с неизменчивым значением DEFAULT после создания строки. Это значение используется, только когда atthasmissing равен true. Если значение отсутствует, столбец будет содержать NULL.

В записи удалённого столбца в pg_attribute поле atttypid сбрасывается в ноль, но attlen и другие поля, копируемые из pg_type, сохраняют актуальные значения. Это нужно, чтобы справиться с ситуацией, когда после удаления столбца удаляется и его тип данных, так что записи в pg_type больше не будет. В таких случаях для интерпретации содержимого строки таблицы могут использоваться attlen и другие поля.

51.8. pg_authid

В каталоге pg_authid содержится информация об идентификаторах для авторизации (ролях). Роль включает в себя концепции «пользователей» и «групп». Пользователь по существу представляет собой частный случай роли, с флагом rolcanlogin. Любая роль (с или без флага rolcanlogin) может включать другие роли в качестве членов; см. pg_auth_members.

Так как в этом каталоге содержатся пароли, он не должен быть открыт для всех. Для общего пользования предназначено представление pg_roles на базе pg_authid, в котором поле пароля очищено.

За подробной информацией о пользователях и управлении правами обратитесь к Главе 21.

Так как пользователи определяются глобально, каталог pg_authid разделяется всеми базами данных кластера; есть только единственная копия pg_authid в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.8. Столбцы pg_authid

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
rolname name Имя роли
rolsuper bool Роли имеет права суперпользователя
rolinherit bool Роль автоматически наследует права ролей, в которые она включена
rolcreaterole bool Роль может создавать другие роли
rolcreatedb bool Роль может создавать базы данных
rolcanlogin bool Роль может подключаться к серверу. То есть эта роль может быть указана в качестве начального идентификатора авторизации сеанса.
rolreplication bool Роль является ролью репликации. Такие роли могут устанавливать соединения для репликации и создавать/удалять слоты репликации.
rolbypassrls bool

Тип столбца Описание
Роль не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.8.
`rolconnlimit` `int4` Для ролей, которые могут подключаться к серверу, это значение задаёт максимально разрешённое для этой роли число одновременных подключений. При значении -1 ограничения нет.
`rolpassword` `text` Зашифрованный пароль; NULL, если он не задан. Его формат зависит от используемого вида шифрования.
`rolvaliduntil` `timestamptz` Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю); NULL, если срок действия не ограничен

Если пароль зашифрован MD5, значение в `rolpassword` начинается со строки `md5`, за которой идёт 32-символьный шестнадцатеричный хеш MD5. Этот хеш вычисляется для пароля пользователя с добавленным за ним его именем. Например, если у пользователя `joe` пароль `xyzzy`, PostgreSQL сохранит в этом поле md5-хеш строки `xyzzyjoe`.

Если пароль зашифрован по алгоритму SCRAM-SHA-256, он имеет формат:

SCRAM-SHA-256$*<число итераций>*:*<соль>*$*<СохранённыйКлюч>*:*<КлючСервера>*

Здесь *соль*, *СохранённыйКлюч* и *КлючСервера* кодируются в формате Base64. Этот формат соответствует стандарту RFC 5803.

51.9. pg_auth_members

Каталог `pg_auth_members` представляет отношения членства между ролями. Допускается любая не зацикленная иерархия отношений.

Так как пользователи определяются глобально, `pg_auth_members` разделяется всеми базами данных кластера; есть только единственная копия `pg_auth_members` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.9. Столбцы pg_auth_members

Тип столбца Описание
`roleid` `oid` (ссылается на `pg_authid .oid`) Идентификатор роли, включающей другую
`member` `oid` (ссылается на `pg_authid .oid`) Идентификатор роли, включаемой в роль `roleid`
`grantor` `oid` (ссылается на `pg_authid .oid`) Идентификатор роли, разрешившей членство
`admin_option` `bool` True, если `member` может разрешать членство в `roleid` другим ролям

51.10. pg_cast

В каталоге `pg_cast` хранятся пути приведения типов (как встроенных, так и пользовательских).

Следует заметить, что `pg_cast` представляет не каждое приведение, которое может выполнять система, а только те, которые нельзя вывести по некоторым общим правилам. Например, приведение типа домена к его базовому типу не представляется явно в pg_cast. Ещё одно важное исключение составляют «автоматические приведения ввода/вывода», которые выполняются с применением собственных функций ввода/вывода типа данных, преобразующих тип в text или другие строковые типы — они также не представляются явно в pg_cast.

Таблица 51.10. Столбцы pg_cast

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
castsource oid (ссылается на pg_type .oid) OID исходного типа данных
casttarget oid (ссылается на pg_type .oid) OID целевого типа данных
castfunc oid (ссылается на pg_proc .oid) OID функции, выполняющей приведение, или ноль, если для данного метода приведения не требуется функция.
castcontext char Определяет, в каких контекстах может выполняться приведение. Символ e означает только явное приведение (explicit), с применением синтаксиса CAST или ::. Символ a означает неявное присваивание (assignment) целевому столбцу, а также явное приведение. Символ i разрешает неявное приведение (implicit), а также все остальные варианты.
castmethod char Показывает, как выполняется приведение. Символ f означает, что используется функция, указанная в поле castfunc. Символ i означает, что используются функции ввода/вывода. Символ b означают, что типы являются двоично-сводимыми, так что преобразование не требуется.

Функции приведения, перечисленные в pg_cast, должны всегда принимать исходный тип приведения в качестве типа первого аргумента и возвращать результат, имеющий целевой тип. Функция приведения может иметь до трёх аргументов. Второй аргумент, если он присутствует, должен иметь тип integer; в нём передаётся модификатор типа, связанный с целевым типом, либо -1, если такого модификатора нет. Третий аргумент, если он присутствует, должен иметь тип boolean; в нём передаётся true, если приведение выполняется явно, и false в противном случае.

Вполне возможно создать запись в pg_cast, в которой исходный тип будет совпадать с целевым, если связанная функция приведения принимает больше одного аргумента. Такие записи представляют «функции преобразования длины», которые приводят значения некоторого типа в соответствие с заданным значением модификатора.

Когда в записи pg_cast исходный и целевой типы приведения различаются и функция принимает более одного аргумента, эта запись представляет преобразование типа из одного в другой и сведение к нужной длине за один шаг. Если же такой записи не находится, приведение к типу с определённым модификатором выполняется в два этапа, сначала выполняется преобразование типа, а затем применяется модификатор типа.

51.11. pg_class

В каталоге pg_class описываются таблицы и прочие объекты, имеющие столбцы или каким-то образом подобные таблицам. Сюда входят индексы (но смотрите также pg_index), последовательности (но смотрите также pg_sequence), представления, материализованные представления, составные типы и таблицы TOAST; см. relkind. Далее, подразумевая все эти типы объектов, мы будем говорить об «отношениях». Не все столбцы pg_class здесь имеют смысл для всех видов отношений.

Таблица 51.11. Столбцы pg_class

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
relname name Имя таблицы, индекса, представления и т. п.
relnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего это отношение
reltype oid (ссылается на pg_type .oid) OID типа данных, соответствующего типу строки этой таблицы, если таковой есть (ноль для индексов, так как они не имеют записи в pg_type)
reloftype oid (ссылается на pg_type .oid) Для типизированных таблиц, OID нижележащего составного типа, или ноль для всех других отношений
relowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец отношения
relam oid (ссылается на pg_am .oid) Если это таблица или индекс, применяемый метод доступа (куча, B-дерево, хеш и т. д.)
relfilenode oid Имя файла на диске с этим отношением; ноль означает, что это «отображённое» представление, имя файла для которого определяется состоянием на нижнем уровне
reltablespace oid (ссылается на pg_tablespace .oid) Табличное пространство, в котором хранится это отношение. Если указан ноль, подразумевается табличное пространство базы данных по умолчанию. Если у отношения нет файла на диске, указанное значение ни на что не влияет, кроме случаев с секционированными таблицами, где это табличное пространство, в котором будут создаваться секции, если пространство не указано явно в команде создания.
relpages int4 Размер представления этой таблицы на диске (в страницах размера BLCKSZ). Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.
reltuples float4 Число актуальных строк в таблице. Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.
relallvisible int4 Число страниц, помеченных как «полностью видимые» в карте видимости таблицы. Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.
reltoastrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID таблицы TOAST, связанной с данной таблицей, или 0, если таковой нет. В таблицу TOAST, как во вторичную, «выносятся» большие атрибуты.
relhasindex bool True, если это таблица и она имеет (или недавно имела) индексы
relisshared bool True, если эта таблица разделяется всеми базами данных в кластере. Разделяемыми являются только некоторые системные каталоги (как например, pg_database).
relpersistence char

Тип столбца Описание
p = постоянная таблица (permanent), u = нежурналируемая таблица (unlogged), t = временная таблица (temporary)
relkind char r = обычная таблица (Relation), i = индекс (Index), S = последовательность (Sequence), t = таблица TOAST, v = представление (View), m = материализованное представление (Materialized view), c = составной тип (Composite type), f = сторонняя таблица (Foreign table), p = секционированная таблица (Partitioned table), I = секционированный индекс (partitioned Index)
relnatts int2 Число пользовательских столбцов в отношении (системные столбцы не считаются). Столько же соответствующих строк должно быть в pg_attribute . См. также pg_attribute.attnum .
relchecks int2 Число ограничений CHECK в таблице; см. каталог pg_constraint
relhasrules bool True, если для таблицы определены (или были определены) правила; см. каталог pg_rewrite
relhastriggers bool True, если для таблицы определены (или были определены) триггеры; см. каталог pg_trigger
relhassubclass bool True, если у таблицы или индекса есть (или были) потомки в иерархии наследования.
relrowsecurity bool True, если для таблицы включена защита на уровне строк; см. каталог pg_policy
relforcerowsecurity bool True, если защита на уровне строк (когда она включена) также применяется к владельцу таблицы; см. каталог pg_policy
relispopulated bool True, если отношение наполнено данными (это истинно для всех отношений, кроме некоторых материализованных представлений)
relreplident char Столбцы, формирующие «идентификатор реплики» для строк: d = по умолчанию (первичный ключ, если есть), n = никакие (nothing), f = все столбцы, i = индекс со свойством indisreplident (если ранее использованный индекс удалён, действует так же, как n)
relispartition bool True, если таблица или индекс является секцией
relrewrite oid (ссылается на pg_class .oid) Для новых отношений, записываемых в процессе операции DDL, требующей перезаписи таблицы, это поле содержит OID исходного отношения; в противном случае — 0. Это состояние видимо только внутри; в этом поле никогда не должно быть ненулевого значения для видимого пользователем отношения.
relfrozenxid xid Идентификаторы транзакций, предшествующие данному, в этой таблице заменены постоянным («замороженным») идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать таблицу для предотвращения зацикливания идентификаторов или для сокращения объёма pg_xact . Если это отношение — не таблица, значение равно нулю (InvalidTransactionId).
relminmxid xid

Тип столбца Описание
Идентификаторы мультитранзакций, предшествующие данному, в этой таблице заменены другим идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать таблицу для предотвращения зацикливания идентификаторов мультитранзакций или для сокращения объёма pg_multixact . Если это отношение — не таблица, значение равно нулю (InvalidMultiXactId).
relacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
reloptions text[] Специальные параметры для методов доступа, в виде строк «ключ=значение»
relpartbound pg_node_tree Если таблица является секцией (см. relispartition), внутреннее представление границ секции

Некоторые логические флаги в pg_class поддерживаются не строго: гарантируется, что они будут установлены при переходе в определённое состояние, но они могут не сбрасываться немедленно, когда условия поменяются. Например, relhasindex устанавливается командой CREATE INDEX, но никогда не сбрасывается командой DROP INDEX. Вместо этого, флаг relhasindex сбрасывается командой VACUUM, если она находит, что в таблице нет индексов. Такая организация позволяет избежать состояния гонки и способствует параллельному использованию.

51.12. pg_collation

В каталоге pg_collation описываются доступные правила сортировки, которые по сути представляют собой сопоставления идентификаторов SQL с категориями локалей операционной системы. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.2.

Таблица 51.12. Столбцы pg_collation

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
collname name Имя правила сортировки (уникальное для пространства имён и кодировки)
collnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего это правило сортировки
collowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец правила сортировки
collprovider char Провайдер правила сортировки: d = установленный в базе по умолчанию, c = libc, i = icu
collisdeterministic bool Является ли правило сортировки детерминированным?
collencoding int4 Кодировка, для которой применимо это правило, или -1, если оно работает с любой кодировкой
collcollate name LC_COLLATE для данного объекта
collctype name LC_CTYPE для данного объекта
collversion text

Тип столбца Описание
Определяемая провайдером версия правила сортировки. Она записывается при создании правила сортировки и проверяется при использовании для обнаружения изменений в его определении, чреватых повреждением данных.

Заметьте, что уникальный ключ в этом каталоге определён как (`collname`, `collencoding`, `collnamespace`), а не просто как (`collname`, `collnamespace`). Вообще PostgreSQL игнорирует все правила сортировки, для которых `collencoding` не равняется кодировке текущей базы данных или -1, а создание новых записей с тем же именем, которое уже имеет запись с `collencoding` = -1, запрещено. Таким образом, достаточно использовать полное имя SQL (*схема.имя*) для указания правила сортировки, несмотря на то, что оно может быть неуникальным согласно определению каталога. Такая организация каталога объясняется тем, что программа initdb наполняет его в момент инициализации кластера записями для всех локалей, обнаруженных в системе, так что она должна иметь возможность сохранить записи для всех кодировок, которые могут вообще когда-либо применяться в кластере.

В базе данных `template0` может быть полезно создать правила сортировки, кодировки которых не соответствуют кодировке этой базы, но которые могут оказаться у баз данных, скопированных впоследствии из `template0`. В настоящее время это придётся проделать вручную.

51.13. pg_constraint

В каталоге `pg_constraint` хранятся ограничения-проверки, ограничения-исключения, а также ограничения первичного ключа, уникальности и внешних ключей, определённые для таблиц. (Ограничения столбцов описываются как и все остальные. Любое ограничение столбца равнозначно некоторому ограничению таблицы.) Ограничения на NULL представляются не здесь, а в каталоге `pg_attribute`.

Для пользовательских триггеров ограничений (создаваемых командой `CREATE CONSTRAINT TRIGGER`) в этой таблице также создаётся запись.

Здесь также хранятся ограничения доменов.

Таблица 51.13. Столбцы `pg_constraint`

Тип столбца Описание
`oid oid` Идентификатор строки
`conname name` Имя ограничения (не обязательно уникальное!)
`connamespace oid` (ссылается на `pg_namespace .oid`) OID пространства имён, содержащего это ограничение
`contype char` `c` = ограничение-проверка (check), `f` = внешний ключ (foreign key), `p` = первичный ключ (primary key), `u` = ограничение уникальности (unique), `t` = триггер ограничения (trigger), `x` = ограничение-исключение (exclusion)
`condeferrable bool` Является ли ограничение откладываемым?
`condeferred bool` Является ли ограничение отложенным по умолчанию?
`convalidated bool` Было ли ограничение проверено? В настоящее время значение false возможно только для внешних ключей и ограничений CHECK
`conrelid oid` (ссылается на `pg_class .oid`)

Тип столбца Описание
Таблица, для которой установлено это ограничение; 0, если это не ограничение таблицы
contypid oid (ссылается на pg_type .oid) Домен, к которому относится это ограничение; 0, если это не ограничение домена
conindid oid (ссылается на pg_class .oid) Индекс, поддерживающий это ограничение, если это ограничение уникальности, первичного или внешнего ключа, либо ограничение-исключение; в противном случае — 0
conparentid oid (ссылается на pg_constraint .oid) Соответствующее ограничение в родительской секционированной таблице, если это ограничение в секции; иначе 0
confrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Если это внешний ключ, таблица, на которую он ссылается; иначе 0
confupdtype char Код действия при изменении внешнего ключа: a = нет действия, r = ограничить (restrict), c = каскадное действие (cascade), n = присвоить NULL, d = поведение по умолчанию
confdeltype char Код действия при удалении внешнего ключа: a = нет действия, r = ограничить (restrict), c = каскадное действие (cascade), n = присвоить NULL, d = поведение по умолчанию
confmatchtype char Тип сопоставления внешнего ключа: f = полное (full), p = частичное (partial), s = простое (simple)
conislocal bool Ограничение определено локально в данном отношении. Заметьте, что ограничение может быть определено локально и при этом наследоваться.
coninhcount int4 Число прямых предков этого ограничения. Ограничение с ненулевым числом предков нельзя удалить или переименовать.
connoinherit bool Ограничение определено локально для данного отношения и является ненаследуемым.
conkey int2[] (ссылается на pg_attribute .attnum) Для ограничений таблицы (включая внешние ключи, но не триггеры ограничений), определяет список столбцов, образующих ограничение
confkey int2[] (ссылается на pg_attribute .attnum) Для внешнего ключа определяет список столбцов, на которые он ссылается
conpfeqop oid[] (ссылается на pg_operator .oid) Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений PK = FK
conppeqop oid[] (ссылается на pg_operator .oid) Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений PK = PK
conffeqop oid[] (ссылается на pg_operator .oid) Для внешнего ключа — список операторов равенства для сравнений FK = FK
conexclop oid[] (ссылается на pg_operator .oid) Для ограничения-исключения — список операторов исключения по столбцам
conbin pg_node_tree Для ограничения-проверки — внутреннее представление выражения. (Чтобы извлечь определение ограничения-проверки, рекомендуется использовать pg_get_constraintdef() .)

В случае с ограничением-исключением значение conkey полезно только для элементов ограничений, представляющих простые ссылки на столбцы. Для других случаев в conkey задаётся ноль, и чтобы получить выражение, определяющее ограничение, надо обратиться к соответствующему индексу. (Таким образом, поле conkey имеет то же содержимое, что и pg_index.indkey для индекса.)

> **Примечание**
>
> Поле pg_class.relchecks должно согласовываться с числом ограничений-проверок, описанных в данной таблице для каждого отношения.

51.14. pg_conversion

В каталоге pg_conversion описываются функции преобразования кодировки. За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE CONVERSION.

Таблица 51.14. Столбцы pg_conversion

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
conname name Имя перекодировки (уникальное в пространстве имён)
connamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего эту перекодировку
conowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец перекодировки
conforencoding int4 Идентификатор исходной кодировки
contoencoding int4 Идентификатор целевой кодировки
conproc regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция преобразования
condefault bool True, если это перекодировка по умолчанию

51.15. pg_database

В каталоге pg_database хранится информация о доступных базах данных. Базы данных создаются командой CREATE DATABASE. Подробнее о предназначении некоторых свойств баз можно узнать в Главе 22.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_database разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_database в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.15. Столбцы pg_database

Тип столбца Описание
oid oid

Тип столбца Описание
Идентификатор строки
datname name Имя базы данных
datdba oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец базы данных, обычно пользователь, создавший её
encoding int4 Кодировка символов для этой базы данных (pg_encoding_to_char() может преобразовать этот номер в имя кодировки)
datcollate name LC_COLLATE для этой базы данных
datctype name LC_CTYPE для этой базы данных
datistemplate bool Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами CREATEDB; в противном случае клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.
datallowconn bool Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных. Это позволяет защитить базу данных template0 от модификаций.
datconnlimit int4 Задаёт максимально допустимое число одновременных подключений к этой базе данных. С -1 ограничения нет, с -2 к базе данных нельзя подключаться.
datlastsysoid oid Последний системный OID в базе данных; в частности, полезен для pg_dump
datfrozenxid xid Все идентификаторы транзакций, предшествующие данному, в этой базе данных заменены постоянным («замороженным») идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать базу данных для предотвращения зацикливания идентификаторов или для сокращения объёма pg_xact . Это значение вычисляется как минимум значений pg_class .relfrozenxid для всех таблиц.
datminmxid xid Идентификаторы мультитранзакций, предшествующие данному, в этой базе данных заменены другим идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать базу данных для предотвращения зацикливания идентификаторов мультитранзакций или для сокращения объёма pg_multixact . Это значение вычисляется как минимум значений pg_class .relminmxid для всех таблиц.
dattablespace oid (ссылается на pg_tablespace .oid) Табличное пространство по умолчанию для данной базы данных. Если таблица базы находится в этом пространстве, для неё значение pg_class .reltablespace будет нулевым; в частности, в нём окажутся все частные системные каталоги этой базы.
datacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

51.16. pg_db_role_setting

В каталоге pg_db_role_setting записываются значения по умолчанию, присваиваемые переменным конфигурации во время выполнения, для различных комбинаций ролей и баз данных.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_db_role_setting разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_db_role_setting в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.16. Столбцы pg_db_role_setting

Тип столбца Описание
setdatabase oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, к которой относится это присваивание переменных, или ноль, если оно не связано с базой данных
setrole oid (ссылается на pg_authid .oid) OID роли, к которой применимо это присваивание переменных, или ноль, если оно не связано с ролью
setconfig text[] Значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

51.17. pg_default_acl

В каталоге pg_default_acl хранятся определения прав, изначально присваиваемые создаваемым объектам.

Таблица 51.17. Столбцы pg_default_acl

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
defaclrole oid (ссылается на pg_authid .oid) OID роли, связанной с этой записью
defaclnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, связанного с этой записью, или 0, если запись глобальная
defaclobjtype char Тип объекта, права для которого определяет эта запись: r = отношение (relation) (таблица, представление), S = последовательность (sequence), f = функция (function), T = тип (type), n = схема (schema)
defaclacl aclitem[] Права доступа, назначаемые объекту данного типа при создании

В каталоге pg_default_acl описываются начальные права доступа, которые будут связаны с объектом, принадлежащим заданному пользователю. В настоящее время есть два типа записей: «глобальные», с defaclnamespace равным нулю, и «внутрисхемные», относящиеся к конкретной схеме. Если присутствует глобальная запись, она *переопределяет* обычный жёстко фиксированный набор прав для данного типа объектов. Если присутствует внутрисхемная запись, она представляет набор прав, *добавляемый* к набору прав, определённых глобально или жёстко заданных по умолчанию.

Заметьте, что когда поле ACL в другом каталоге содержит NULL, под этим подразумеваются жёстко заданные права по умолчанию для этого объекта, а *не* те, которые могут быть в pg_default_acl в данный момент. Права в pg_default_acl учитываются только при создании объекта.

51.18. pg_depend

В каталоге pg_depend записываются отношения зависимости между объектами базы данных. Благодаря этой информации, команды DROP могут найти, какие объекты должны удаляться при использовании DROP CASCADE, или когда нужно запрещать удаление при DROP RESTRICT.

Также смотрите описание каталога pg_shdepend, который играет подобную роль в отношении совместно используемых объектов в кластере баз данных.

Таблица 51.18. Столбцы pg_depend

Тип столбца Описание
classid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, в котором находится зависимый объект
objid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID определённого зависимого объекта
objsubid int4 Для столбца таблицы это номер столбца (objid и classid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
refclassid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, в котором находится вышестоящий объект
refobjid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID определённого вышестоящего объекта
refobjsubid int4 Для столбца таблицы это номер столбца (refobjid и refclassid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
deptype char Код, определяющий конкретную семантику данного отношения зависимости; см. текст

Во всех случаях, запись в pg_depend показывает, что вышестоящий объект нельзя удалить, не удаляя подчинённый объект. Однако есть несколько подвидов зависимости, задаваемых в поле deptype:

DEPENDENCY_NORMAL (n)

Обычное отношение между отдельно создаваемыми объектами. Подчинённый объект можно удалить, не затрагивая вышестоящий объект. Вышестоящий объект можно удалить только с указанием CASCADE, при этом будет удалён и подчинённый объект. Например, столбец таблицы находится в обычной зависимости от своего типа данных.

DEPENDENCY_AUTO (a)

Подчинённый объект может быть удалён отдельно от вышестоящего и должен быть удалён автоматически (вне зависимости от указаний RESTRICT и CASCADE), если удаляется вышестоящий объект. Например, именованное ограничение для таблицы находится в автоматической зависимости от таблицы, так что оно исчезнет при удалении таблицы.

DEPENDENCY_INTERNAL (i)

Подчинённый объект был создан в процессе создания вышестоящего и на самом деле является только частью его внутренней реализации. Для такого объекта будет запрещена команда DROP (мы подскажем пользователю, что вместо этого надо выполнить DROP для вышестоящего объекта). Действие DROP для вышестоящего объекта будет автоматически распространено и на этот подчинённый объект, вне зависимости от присутствия указания CASCADE. Если подчинённый объект должен быть удалён вследствие зависимости от какого-то другого удаляемого объекта, удаление подчинённого преобразуется в удаление вышестоящего, то есть зависимости NORMAL и AUTO подчинённого объекта во многом действуют как зависимости вышестоящего объекта. Например, правило ON SELECT для представления автоматически становится внутренне зависимым от этого представления, что не позволяет удалить это правило, пока существует представление. Зависимости этого правила (например, от таблиц, которые в нём фигурируют) будут действовать так же, как если бы они были зависимостями самого представления.

DEPENDENCY_PARTITION_PRI (P)
DEPENDENCY_PARTITION_SEC (S)

Подчинённый объект (секция) был создан в процессе создания вышестоящего (секционированного отношения) и на самом деле является только частью его внутренней реализации; однако у него есть несколько вышестоящих объектов, что отличает эту зависимость от INTERNAL. Такой подчинённый объект должен удаляться только тогда, когда удаляется хотя бы один из этих вышестоящих объектов; в этом случае не должно иметь значения наличие указания CASCADE. Также с такой зависимостью, в отличие от INTERNAL, попытка удаления некоторого другого объекта, от которого зависит подчинённый, не приводит к автоматическому удалению какого-либо из связанных секционированных отношений. Таким образом, если удаление не доходит до минимум одного из вышестоящих объектов по какому-то пути, оно не будет произведено. (В большинстве случаев подчинённый объект разделяет все свои несекционные зависимости с минимум одним секционно-связанным объектом, чтобы это ограничение не блокировало каскадные удаления.) Первичные (PRI) и вторичные (SEC) секционные зависимости похожи, и отличаются только тем, что первичные зависимости предпочитаются при формировании сообщений об ошибках; поэтому секционно-подчинённый объект, как правило, будет иметь одну первичную секционную зависимость и одну или несколько вторичных. Заметьте, что секционные зависимости создаются в дополнение, но не вместо обычных зависимостей, которые будет иметь объект. Это упрощает операции ATTACH/DETACH PARTITION: они будут просто добавлять или удалять секционные зависимости. Например, дочерний секционированный индекс оказывается секционно-зависимым и от собственной секционированной таблицы, и от родительского секционированного индекса, так что он будет удалён при удалении одного из этих объектов, но не в других случаях. Зависимость от родительского секционированного индекса является первичной, поэтому если пользователь пытается удалить дочерний секционированный индекс, в сообщении об ошибке будет предложено удалить родительский индекс (а не таблицу).

DEPENDENCY_EXTENSION (e)

Подчинённый объект входит в состав *расширения*, которое является вышестоящим объектом (см. pg_extension). Удалить подчинённый объект можно, только выполнив команду DROP EXTENSION для вышестоящего объекта. Функционально этот тип зависимости действует так же, как и внутренняя (INTERNAL) зависимость, но он выделен для наглядности и упрощения pg_dump.

DEPENDENCY_AUTO_EXTENSION (x)

Подчинённый объект не входит в состав расширения, являющегося вышестоящим объектом (и поэтому он не должен игнорироваться программой pg_dump), но он не может функционировать без расширения и должен удаляться автоматически при удалении расширения. Такой объект также может быть удалён сам по себе. Функционально эта зависимость работает как зависимость AUTO, но она выделена для наглядности и упрощения pg_dump.

DEPENDENCY_PIN (p)

Зависимый объект отсутствует; этот тип записи показывает, что система сама зависит от вышестоящего объекта, так что этот объект нельзя удалять ни при каких условиях. Записи этого типа создаются только командой initdb. Поля зависимого объекта в такой записи содержат нули.

В будущем могут появиться и другие подвиды зависимости.

Заметьте, что два объекта вполне могут быть связаны между собой более чем одной записью в pg_depend. Например, дочерний секционированный индекс будет иметь и зависимость секционного типа от связанной секционированной таблицы, и автоматическую зависимость от каждого столбца таблицы, входящего в индекс. В подобных ситуациях имеет место совмещение зависимостей, несущих разных смысл. И если какая-либо из зависимостей удовлетворяет условиям для автоматического удаления, подчинённый объект может быть удалён без указания CASCADE. При этом, конечно, должны быть удовлетворены все ограничения зависимостей, определяющих подлежащие удалению объекты.

51.19. pg_description

В каталоге pg_description хранятся дополнительные описания (комментарии) для объектов баз данных. Описания можно задавать с помощью команды COMMENT и просматривать в psql, используя команды \d. В начальном содержимом pg_description представлены описания многих встроенных системных объектов.

Также смотрите каталог pg_shdescription, который играет подобную роль в отношении совместно используемых объектов в кластере баз данных.

Таблица 51.19. Столбцы pg_description

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID объекта, к которому относится это описание
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится этот объект
objsubid int4 Для комментария к столбцу таблицы это номер столбца (objoid и classoid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
description text Произвольный текст, служащий описанием данного объекта

51.20. pg_enum

В каталоге pg_enum содержатся записи, определяющие значения и метки для всех типов-перечислений. Внутренним представлением значения перечисления на самом деле является OID соответствующей строки в pg_enum.

Таблица 51.20. Столбцы pg_enum

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
enumtypid oid (ссылается на pg_type .oid) OID типа в pg_type , к которому относится данное значение перечисления
enumsortorder float4 Порядок сортировки этого значения внутри перечисления
enumlabel name Текстовая метка данного значения перечисления

Идентификаторы OID в строках pg_enum подчиняются особому правилу: чётные OID гарантированно упорядочиваются по порядку сортировки их типа перечисления. То есть, если к одному перечислению относятся два чётных OID, меньшему OID должно соответствовать меньшее значение enumsortorder. Нечётные значения OID могут быть не связаны с этим порядком сортировки. Это правило позволяет во многих случаях сравнивать значения перечислений, не обращаясь к каталогам. Процедуры, создающие и изменяющие перечисления, пытаются присваивать значениям перечислений чётные OID, если это возможно.

Когда создаётся тип перечисления, его членам назначаются позиции по порядку сортировки 1..*n*. Но у членов, добавляемых позже, могут оказаться отрицательные или дробные значения enumsortorder. Единственное, что требуется — чтобы эти значения были правильно упорядочены и уникальны в рамках перечисления.

51.21. pg_event_trigger

В каталоге pg_event_trigger хранится информация о событийных триггерах. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 39.

Таблица 51.21. Столбцы pg_event_trigger

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
evtname name Имя триггера (должно быть уникальным)
evtevent name Указывает, для какого события срабатывает данный триггер
evtowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец событийного триггера
evtfoid oid (ссылается на pg_proc .oid) Вызываемая функция
evtenabled char Устанавливает, в каких режимах session_replication_role срабатывает событийный триггер: O = триггер срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), D = триггер отключён, R = триггер срабатывает в режиме «replica» (реплика), A = триггер срабатывает всегда.
evttags text[] Теги команд, для которых будет срабатывать триггер. Если NULL, срабатывание триггера не будет ограничено в зависимости от тега команды.

51.22. pg_extension

В каталоге pg_extension хранится информация об установленных расширениях. Подробнее о расширениях можно узнать в Разделе 37.17.

Таблица 51.22. Столбцы pg_extension

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
extname name Имя расширения
extowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец расширения
extnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) Схема, содержащая экспортируемые расширением объекты
extrelocatable bool True, если расширение можно переместить в другую схему
extversion text Имя версии расширения
extconfig oid[] (ссылается на pg_class .oid) Массив с идентификаторами regclass, указывающими на таблицы конфигурации расширения, либо NULL, если таких таблиц нет
extcondition text[] Массив с условиями фильтра WHERE для таблиц конфигурации расширения, либо NULL, если таких условий нет

Заметьте, что в отличие от большинства каталогов со столбцом «namespace», здесь extnamespace не подразумевает, что расширение принадлежит данной схеме. Имена расширений никогда не дополняются схемой. Вместо этого, extnamespace показывает, что в этой схеме содержатся все или большинство объектов расширения. Если extrelocatable имеет значение true, эта схема должна фактически содержать все относящиеся к схеме объекты, составляющие это расширение.

51.23. pg_foreign_data_wrapper

В каталоге pg_foreign_data_wrapper хранятся определения обёрток сторонних данных. Обёрткой сторонних данных называется механизм, через который становятся доступны внешние данные, расположенные на сторонних серверах.

Таблица 51.23. Столбцы pg_foreign_data_wrapper

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
fdwname name Имя обёртки сторонних данных
fdwowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец обёртки сторонних данных
fdwhandler oid (ссылается на pg_proc .oid) Указывает на функцию-обработчик, отвечающую за выдачу набора исполняемых процедур для обёртки сторонних данных. Ноль говорит об отсутствии такого обработчика
fdwvalidator oid (ссылается на pg_proc .oid) Указывает на функцию проверки, которая отвечает за проверку правильности параметров, передаваемых обёртке сторонних данных, а также параметров для сторонних серверов и сопоставлений пользователей, задаваемых через эту обёртку. Ноль говорит об отсутствии такой функции
fdwacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
fdwoptions text[] Специальные параметры обёртки сторонних данных, в виде строк «ключ=значение»

51.24. pg_foreign_server

В каталоге pg_foreign_server хранятся определения сторонних серверов. Запись стороннего сервера описывает источник внешних данных, например удалённый сервер. Обращение к сторонним серверам происходит через обёртки сторонних данных.

Таблица 51.24. Столбцы pg_foreign_server

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
srvname name Имя стороннего сервера
srvowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец стороннего сервера
srvfdw oid (ссылается на pg_foreign_data_wrapper .oid) OID обёртки сторонних данных для этого стороннего сервера
srvtype text Тип сервера (необязателен)
srvversion text

Тип столбца Описание
Версия сервера (необязательна)
srvacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
srvoptions text[] Специальные параметры стороннего сервера, в виде строк «ключ=значение»

51.25. pg_foreign_table

В каталоге pg_foreign_table содержится дополнительная информация о сторонних таблицах. Прежде всего сторонняя таблица представляется записью в pg_class, как и обычная. Запись в pg_foreign_table для неё содержит свойства, применимые только к сторонним таблицам, но не к каким-либо другим типам отношений.

Таблица 51.25. Столбцы pg_foreign_table

Тип столбца Описание
ftrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID записи в pg_class для этой сторонней таблицы
ftserver oid (ссылается на pg_foreign_server .oid) OID стороннего сервера для этой сторонней таблицы
ftoptions text[] Параметры сторонней таблицы, в виде строк «ключ=значение»

51.26. pg_index

В каталоге pg_index содержится часть информации об индексах. Остальная информация в основном находится в pg_class.

Таблица 51.26. Столбцы pg_index

Тип столбца Описание
indexrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID записи в pg_class для этого индекса
indrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID записи в pg_class для таблицы, к которой относится этот индекс
indnatts int2 Общее число столбцов в индексе (повторяет значение pg_class.relnatts). В это число входят и ключевые, и неключевые атрибуты.
indnkeyatts int2 Число *ключевых столбцов* в индексе, без учёта *неключевых столбцов*, которые хранятся в индексе, но не учитываются в его семантике
indisunique bool Если true, это уникальный индекс
indisprimary bool Если true, этот индекс представляет первичный ключ таблицы (в этом случае и в поле indisunique должно быть значение true)
indisexclusion bool Если true, этот индекс поддерживает ограничение-исключение
indimmediate bool

Тип столбца Описание
Если true, проверка уникальности осуществляется непосредственно при добавлении данных (неприменимо, если значение `indisunique` не true)
`indisclustered` `bool` Если true, таблица в последний раз кластеризовалась по этому индексу
`indisvalid` `bool` Если true, индекс можно применять в запросах. Значение false означает, что индекс, возможно, неполный: он будет тем не менее изменяться командами `INSERT`/`UPDATE`, но безопасно применять его в запросах нельзя. Если он уникальный, свойство уникальности также не гарантируется.
`indcheckxmin` `bool` Если true, запросы не должны использовать этот индекс, пока поле `xmin` данной записи в `pg_index` не окажется ниже их горизонта событий `TransactionXmin`, так как таблица может содержать оборванные цепочки HOT с видимыми несовместимыми строками
`indisready` `bool` Если true, индекс готов к добавлению данных. Значение false означает, что индекс игнорируется операциями `INSERT`/`UPDATE`.
`indislive` `bool` Если false, индекс находится в процессе удаления и его следует игнорировать для любых целей (включая вопрос применимости HOT)
`indisreplident` `bool` Если true, этот индекс выбран в качестве «идентификатора реплики» командой `ALTER TABLE ... REPLICA IDENTITY USING INDEX ...`
`indkey` `int2vector` (ссылается на `pg_attribute` `.attnum`) Это массив из `indnatts` значений, указывающих, какие столбцы таблицы индексирует этот индекс. Например, значения `1 3` будут означать, что в индекс входят первый и третий столбцы таблицы. Ключевые столбцы указываются перед неключевыми (включаемыми) столбцами. Ноль в этом массиве означает, что соответствующий атрибут индекса определяется выражением со столбцами таблицы, а не просто ссылкой на столбец.
`indcollation` `oidvector` (ссылается на `pg_collation` `.oid`) Для каждого столбца в ключе индекса этот массив (из `indnkeyatts` значений) содержит OID правила сортировки для применения в этом индексе либо 0, если тип данных этого столбца не сортируемый.
`indclass` `oidvector` (ссылается на `pg_opclass` `.oid`) Для каждого столбца в ключе индекса этот массив (из `indnkeyatts` значений) содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании `pg_opclass` .
`indoption` `int2vector` Это массив из `indnkeyatts` значений, в которых хранятся битовые флаги для отдельных столбцов. Значение этих флагов определяется методом доступа конкретного индекса.
`indexprs` `pg_node_tree` Деревья выражений (в представлении `nodeToString()`) для атрибутов индекса, не являющихся простыми ссылками на столбцы. Этот список содержит один элемент для каждого нулевого значения в `indkey`. Значением может быть NULL, если все атрибуты индекса представляют собой простые ссылки.
`indpred` `pg_node_tree` Дерево выражения (в представлении `nodeToString()`) для предиката частичного индекса, либо NULL, если это не частичный индекс.

51.27. pg_inherits

В каталоге pg_inherits содержится информация об иерархиях наследования таблиц и индексов. Для каждой непосредственной связи «родительский-дочерний объект» в ней содержится одна запись. (Косвенное наследование можно определить, просмотрев цепочку записей.)

Таблица 51.27. Столбцы pg_inherits

Тип столбца Описание
inhrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID дочерней таблицы или индекса
inhparent oid (ссылается на pg_class .oid) OID родительской таблицы или индекса
inhseqno int4 Если у дочерней таблицы есть несколько непосредственных родителей (множественное наследование), это число определяет порядок, в котором располагаются наследованные столбцы. Нумерация начинается с 1. Для индексов множественное наследование невозможно, так как они могут наследоваться только при декларативном секционировании.

51.28. pg_init_privs

В каталоге pg_init_privs содержится информация об изначально назначаемых правах для объектов в системе. Для каждого объекта в базе данных, имеющего нестандартный (отличный от NULL) начальный набор прав, в ней содержится одна запись.

Начальные права доступа для объектов могут задаваться либо при инициализации базы данных (программой initdb), либо когда объект создаётся в процессе CREATE EXTENSION и скрипт расширения задаёт права, задействуя систему GRANT. Заметьте, что эта система автоматически записывает права, устанавливаемые скриптом расширения, так что авторам расширений достаточно использовать в своих скриптах только GRANT и REVOKE, чтобы права были сохранены. Столбец privtype показывает, были ли начальные права заданы программой initdb или в процессе выполнения команды CREATE EXTENSION.

Для объектов, которым начальные права были назначены программой initdb, записи в privtype помечаются буквой 'i', а для объектов, которым права назначались в процессе CREATE EXTENSION, — буквой 'e'.

Таблица 51.28. Столбцы pg_init_privs

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID определённого объекта
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, в котором находится объект
objsubid int4 Для столбца таблицы это номер столбца (objoid и classoid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
privtype char Код, определяющий тип начального права для объекта; см. текст
initprivs aclitem[] Начальные права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7

51.29. pg_language

В каталоге pg_language регистрируются языки, на которых возможно писать функции или хранимые процедуры. За дополнительной информацией о языковых обработчиках обратитесь к описанию CREATE LANGUAGE и Главе 41.

Таблица 51.29. Столбцы pg_language

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
lanname name Имя языка
lanowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец языка
lanispl bool Для внутренних языков (например, SQL) содержит false, а для пользовательских языков — true. В настоящее время, pg_dump всё ещё пользуется этим признаком, чтобы определить, какие языки нужно выгружать, но в будущем ему на смену может прийти другой механизм.
lanpltrusted bool True, если это доверенный язык, что означает, что можно рассчитывать на то, что он не открывает доступ куда-либо за пределы обычной среды исполнения SQL. Создавать функции на недоверенных языках могут только суперпользователи.
lanplcallfoid oid (ссылается на pg_proc .oid) Для не внутренних языков это значение указывает на языковой обработчик, который представляет собой специальную функцию, отвечающую за выполнение всех процедур, написанных на этом языке
laninline oid (ссылается на pg_proc .oid) Это значение указывает на функцию, отвечающую за выполнение «внедрённых» анонимных блоков кода (блоков DO). Ноль, если внедрённые блоки не поддерживаются.
lanvalidator oid (ссылается на pg_proc .oid) Это значение указывает на функцию проверки языка, которая отвечает за проверку синтаксиса и правильности новых функций в момент их создания. Ноль, если функция проверки отсутствует.
lanacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

51.30. pg_largeobject

В каталоге pg_largeobject содержатся данные, образующие «большие объекты». Большой объект идентифицируется по OID, назначаемому при его создании. Каждый большой объект разделяется на сегменты или «страницы», достаточно небольшие для удобного размещения в строках таблицы pg_largeobject. Объём данных на странице определяется как LOBLKSIZE (что в настоящее время составляет BLCKSZ/4, то есть обычно 2 Кб).

До PostgreSQL 9.0 большие объекты не были связаны с механизмом разрешений. В результате таблица pg_largeobject была доступна на чтение для всех и через неё можно было получить OID (и содержимое) всех больших объектов в системе. Теперь это не так; для получения списка OID больших объектов нужно обратиться к pg_largeobject_metadata.

Таблица 51.30. Столбцы pg_largeobject

Тип столбца Описание
loid oid (ссылается на pg_largeobject_metadata .oid)

Тип столбца Описание
Идентификатор большого объекта, включающего эту страницу
pageno int4 Номер этой страницы в большом объекте (начиная с нуля)
data bytea Собственно данные, хранящиеся в большом объекте. Их объём не может превышать LOBLKSIZE, но может быть меньше.

В каждой строке pg_largeobject содержатся данные для одной строки большого объекта, начиная со смещения (pageno * LOBLKSIZE) внутри него (в байтах). Эта реализация допускает разреженное хранилище: страницы могут отсутствовать и могут быть короче LOBLKSIZE, даже если это не последние страницы объектов. Пропущенные области в большом объекте будут считываться как нулевые.

51.31. pg_largeobject_metadata

В каталоге pg_largeobject_metadata содержатся метаданные, связанные с большими объектами. Собственно данные больших объектов хранятся в pg_largeobject.

Таблица 51.31. Столбцы pg_largeobject_metadata

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
lomowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец большого объекта
lomacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

51.32. pg_namespace

В pg_namespace сохраняются пространства имён. Пространство имён представляет собой структуру, на которой основываются схемы SQL: в каждом пространстве имён без конфликтов может существовать отдельный набор отношений, типов и т. д.

Таблица 51.32. Столбцы pg_namespace

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
nspname name Имя пространства имён
nspowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец пространства имён
nspacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

51.33. pg_opclass

В каталоге pg_opclass определяются классы операторов для индексных методов доступа. Каждый класс операторов устанавливает конкретную операцию для индексируемых столбцов определённого типа данных и определённого метода доступа. Класс операторов по сути устанавливает, что некоторое семейство операторов применимо к определённому индексируемому типу столбца.

Набор операторов из семейства, которые действительно можно использовать с индексируемым столбцом, образуют те, что принимают тип данных столбца в качестве левого операнда.

Классы операторов углублённо рассматриваются в Разделе 37.16.

Таблица 51.33. Столбцы pg_opclass

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
opcmethod oid (ссылается на pg_am .oid) Индексный метод доступа, для которого создан этот класс операторов
opcname name Имя этого класса операторов
opcnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) Пространство имён этого класса операторов
opcowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец класса операторов
opcfamily oid (ссылается на pg_opfamily .oid) Семейство операторов, содержащее этот класс операторов
opcintype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных, индексируемый данным классом операторов
opcdefault bool True, если этот класс операторов применяется по умолчанию для opcintype
opckeytype oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных, хранимых в индексе, или ноль, если он совпадает с opcintype

Значение opcmethod класса операторов должно совпадать с opfmethod для содержащего его семейства операторов. Кроме того, должно быть не больше одной строки в pg_opclass, в которой opcdefault равно true для любой данной комбинации opcmethod и opcintype.

51.34. pg_operator

В каталоге pg_operator хранится информация об операторах. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE OPERATOR и Разделу 37.14.

Таблица 51.34. Столбцы pg_operator

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
oprname name Имя оператора
oprnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот оператор
oprowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец оператора
oprkind char b = инфиксный («both»), l = префиксный («left»), r = постфиксный («right»)
oprcanmerge bool Этот оператор поддерживает соединение слиянием
oprcanhash bool

Тип столбца Описание
Этот оператор поддерживает соединение по хешу
oprleft oid (ссылается на pg_type .oid) Тип левого операнда
oprright oid (ссылается на pg_type .oid) Тип правого операнда
oprresult oid (ссылается на pg_type .oid) Тип результата
oprcom oid (ссылается на pg_operator .oid) Коммутирующий для данного оператор, если есть
oprnegate oid (ссылается на pg_operator .oid) Обратный для данного оператор, если есть
oprcode regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция, реализующая этот оператор
oprrest regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора
oprjoin regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция оценки избирательности соединения для данного оператора

Неиспользуемые поля содержат нули. Например, поле oprleft будет содержать ноль для префиксного оператора.

51.35. pg_opfamily

В каталоге pg_opfamily определяются семейства операторов. Каждое семейство операторов представляет собой набор операторов и связанных с ними опорных процедур, реализующих операции, требуемые для определённого индексного метода доступа. Более того, все операторы в семействе являются «совместимыми», в том смысле, который определяется методом доступа. Концепция семейства операторов позволяет применять в индексах межтиповые операторы и рассматривать их, используя знание семантики метода доступа.

Семейства операторов углублённо рассматриваются в Разделе 37.16.

Таблица 51.35. Столбцы pg_opfamily

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
opfmethod oid (ссылается на pg_am .oid) Индексный метод доступа, для которого предназначено семейство операторов
opfname name Имя семейства операторов
opfnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) Пространство имён семейства операторов
opfowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец семейства операторов

Основная часть информации, определяющей семейство операторов, находится не в строке pg_opfamily, а в связанных строках в pg_amop, pg_amproc и pg_opclass.

51.36. pg_partitioned_table

В каталоге pg_partitioned_table хранится информация о секционировании таблиц.

Таблица 51.36. Столбцы pg_partitioned_table

Тип столбца Описание
partrelid oid (ссылается на pg_class .oid) OID записи в pg_class для этой секционированной таблицы
partstrat char Стратегия секционирования; h = секционирование по хешу (Hash), l = секционирование по спискам (List), r = секционирование по диапазонам (Range)
partnatts int2 Число столбцов в ключе секционирования
partdefid oid (ссылается на pg_class .oid) OID записи в pg_class для секции по умолчанию в данной секционированной таблице или ноль, если в этой секционированной таблице нет секции по умолчанию.
partattrs int2vector (ссылается на pg_attribute .attnum) Это массив из partnatts значений, указывающих, какие столбцы таблицы входят в ключ секционирования. Например, значения 1 3 будут означать, что ключ секционирования составляют первый и третий столбцы таблицы. Ноль в этом массиве означает, что соответствующей частью ключа секционирования является выражение, а не ссылка на отдельный столбец.
partclass oidvector (ссылается на pg_opclass .oid) Для каждого столбца в ключе секционирования этот массив содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании pg_opclass .
partcollation oidvector (ссылается на pg_collation .oid) Для каждого столбца в ключе секционирования этот массив содержит OID правила сортировки для секционирования либо 0, если тип данных этого столбца не сортируемый.
partexprs pg_node_tree Деревья выражений (в представлении nodeToString()) для частей ключа секционирования, не являющихся простыми ссылками на столбцы. Этот список содержит один элемент для каждого нулевого значения в partattrs. Значением может быть NULL, если все части ключа секционирования являются простыми указаниями столбцов.

51.37. pg_policy

В каталоге pg_policy хранятся политики защиты на уровне строк для таблиц. Описание политики включает тип команды, к которой она применяется (это могут быть все команды), роли, к которым она применяется, выражение, добавляемое к условию барьера безопасности в запросы, обращающиеся к таблице, и выражение, добавляемое к условию WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавить в таблицу новые записи.

Таблица 51.37. Столбцы pg_policy

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
polname name Имя политики.
polrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, к которой применяется политика
polcmd char

Тип столбца Описание
Тип команды, к которой применяется политика: r обозначает SELECT, a — INSERT, w — UPDATE, d — DELETE, а * — все команды
polpermissive bool Является ли политика разрешительной или ограничительной?
polroles oid[] (ссылается на pg_authid .oid) Роли, к которым применяется политика.
polqual pg_node_tree Дерево выражения, добавляемое к условиям барьера безопасности в запросы, использующие таблицу
polwithcheck pg_node_tree Дерево выражения, добавляемое к условиям WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавлять строки в таблицу

Примечание

Политики хранятся в pg_policy и применяются только когда для этой таблицы установлено свойство pg_class.relrowsecurity.

51.38. pg_proc

В каталоге pg_proc хранится информация об обычных функциях, процедурах, агрегатных и оконных функциях (в совокупности также называемых подпрограммами). За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE FUNCTION, CREATE PROCEDURE и Разделу 37.3.

Если prokind указывает, что данная запись описывает агрегатную функцию, в pg_aggregate должна быть соответствующая строка.

Таблица 51.38. Столбцы pg_proc

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
proname name Имя функции
pronamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего эту функцию
proowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец функции
prolang oid (ссылается на pg_language .oid) Язык реализации или интерфейс вызова для этой функции
procost float4 Примерная стоимость выполнения (в единицах cpu_operator_cost); если установлен признак proretset, это стоимость выдачи одной строки
prorows float4 Примерное число возвращаемых строк (ноль, если признак proretset не установлен)
provariadic oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных элементов переменного массива параметров, либо 0, если функция не принимает переменное число параметров
prosupport regproc (ссылается на pg_proc .oid)

Тип столбца Описание
Вспомогательная функция планировщика для данной функции (см. Раздел 37.11)
`prokind` `char` `f` — обычная функция (Function), `p` — процедура (Procedure), `a` — агрегатная функция (Aggregate function) или `w` — оконная функция (Window function)
`prosecdef` `bool` Функция определяет контекст безопасности (т. е. это функция «setuid»)
`proleakproof` `bool` Функция не имеет побочных эффектов. Никакая информация о её аргументах не выдаётся, кроме как через возвращаемое значение. Любая функция, которая может выдать ошибку, в зависимости от значений аргументов, не является герметичной.
`proisstrict` `bool` Функция возвращает NULL, если любой из аргументов при вызове NULL. В этом случае функция фактически не будет вызываться вовсе. Функции, не являющиеся «строгими», должны быть готовы принять значения NULL.
`proretset` `bool` Функция возвращает множество (т. е. множество значений указанного типа данных)
`provolatile` `char` Свойство `provolatile` говорит, зависит ли результат функции только от её входных аргументов, либо на него влияют внешние факторы. Буквой `i` обозначаются постоянные функции («immutable»), которые всегда возвращают один результат для одних и тех же аргументов. Буквой `s` обозначаются стабильные функции («stable»), результаты которых (для одних и тех же аргументов) не меняются в ходе одного сканирования. Буквой `v` обозначаются изменчивые функции («volatile»), результаты которых могут меняться в любое время. (Так же `v` следует выбирать для функций с побочными эффектами, чтобы система не оптимизировала их вызовы.)
`proparallel` `char` Свойство `proparallel` говорит, может ли эта функция безопасно выполняться в параллельном режиме. Символом `s` в нём обозначаются функции, которые могут выполняться в параллельном режиме без ограничений. Символом `r` обозначаются функции, которые могут выполняться в параллельном режиме, но только в ведущем процессе группы; в параллельных рабочих процессах вызывать их нельзя. Символом `u` отмечаются функции небезопасные в параллельном режиме; присутствие такой функции влечёт выбор последовательного плана выполнения запроса.
`pronargs` `int2` Число входных аргументов
`pronargdefaults` `int2` Число аргументов, для которых определены значения по умолчанию
`prorettype` `oid` (ссылается на `pg_type` .`oid`) Тип данных возвращаемого значения
`proargtypes` `oidvector` (ссылается на `pg_type` .`oid`) Массив типов аргументов функции. В нём учитываются только входные аргументы функции (включая аргументы `INOUT` и `VARIADIC`), так что он представляет сигнатуру вызова функции.
`proallargtypes` `oid[]` (ссылается на `pg_type` .`oid`) Массив типов аргументов функции. В нём учитываются все аргументы (включая аргументы `OUT` и `INOUT`); однако если все аргументы только входные (`IN`), это поле будет содержать NULL. Заметьте, что индексы в нём начинаются с 1, тогда как в `proargtypes` по историческим причинам они начинаются с 0.
`proargmodes` `char[]`

Тип столбца Описание
Массив режимов аргументов функций, закодированных как i для входных аргументов (IN), o для выходных аргументов (OUT), b для аргументов входных и выходных одновременно (INOUT), v для переменных аргументов (VARIADIC) и t для табличных аргументов (TABLE). Если все аргументы являются аргументами IN, это поле может содержать NULL. Заметьте, что позиции в этом массиве соответствуют позициям в proallargtypes, а не в proargtypes.
proargnames text[] Массив имён аргументов функции. Для аргументов без имени в этом массиве задаются пустые строки. Если все аргументы функции безымянные, это поле может содержать NULL. Заметьте, что позиции в этом массиве соответствуют позициям в proallargtypes, а не в proargtypes.
proargdefaults pg_node_tree Деревья выражений (в представлении nodeToString()) для значений аргументов по умолчанию. Это список, содержащий pronargdefaults элементов, соответствующих последним *N* *входным* аргументам (т. е., последним *N* позициям в proargtypes). Если значение по умолчанию не имеет никакой аргумент, это поле может содержать NULL.
protrftypes oid[] (ссылается на pg_type .oid) Массив типов аргументов/результатов, к которым должны применяться трансформации (заданные в предложении TRANSFORM объявления функции), либо NULL, если таковых нет.
prosrc text Это значение говорит обработчику функции, как вызывать данную функцию. Это может быть собственно исходный код функции для интерпретируемых языков, объектный символ, имя файла или что-то другое, в зависимости от языка реализации/соглашения о вызовах.
probin text Дополнительная информация о том, как вызывать функцию. Интерпретация этого значения так же зависит от языка.
proconfig text[] Локальные присваивания конфигурационных переменных времени выполнения, действующие в рамках функции
proacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

Для скомпилированных функций, как встроенных, так и динамически загружаемых, поле prosrc содержит имя функции на языке C (объектный символ). Для всех других известных сегодня языков поле prosrc содержит исходный код функции. Поле probin используется только для динамически загружаемых функций на C, для которых оно задаёт имя разделяемой библиотеки, содержащей эти функции.

51.39. pg_publication

Каталог pg_publication содержит все публикации, созданные в базе данных. Подробнее о публикациях можно узнать в Разделе 30.1.

Таблица 51.39. Столбцы pg_publication

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
pubname name Имя публикации

Тип столбца Описание
pubowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец публикации
puballtables bool Если true, эта публикация автоматически включает все таблицы в базе данных, в том числе и те, что будут созданы в будущем.
pubinsert bool Если true, операции INSERT реплицируются для таблиц в репликации.
pubupdate bool Если true, операции UPDATE реплицируются для таблиц в публикации.
pubdelete bool Если true, операции DELETE реплицируются для таблиц в публикации.
pubtruncate bool Если true, операции TRUNCATE реплицируются для таблиц в публикации.
pubviaroot bool Если true, операции с конечной секцией реплицируются не через эту секцию, а через включённую в публикацию родительскую секцию самого верхнего уровня, с её именем и схемой.

51.40. pg_publication_rel

Каталог pg_publication_rel содержит сопоставления отношений и публикаций в базе данных (это сопоставления вида многие-ко-многим). Более понятное пользователю представление этой информации можно также получить в Разделе 51.78.

Таблица 51.40. Столбцы pg_publication_rel

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
prpubid oid (ссылается на pg_publication .oid) Ссылка на публикацию
prrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Ссылка на отношение

51.41. pg_range

В каталоге pg_range хранится информация о типах диапазонов. Эта информация дополняет записи типов в pg_type.

Таблица 51.41. Столбцы pg_range

Тип столбца Описание
rngtypid oid (ссылается на pg_type .oid) OID типа диапазона
rngsubtype oid (ссылается на pg_type .oid) OID типа элемента (подтипа) данного типа диапазона
rngcollation oid (ссылается на pg_collation .oid) OID правила сортировки, применяемого для сравнения диапазонов, либо 0 в случае его отсутствия

Тип столбца Описание
rngsubopc oid (ссылается на pg_opclass .oid) OID класса операторов подтипа, применяемого для сравнения диапазонов
rngcanonical regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции, преобразующей значение диапазона в каноническую форму, либо 0 в случае её отсутствия
rngsubdiff regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции, возвращающей разницу между значениями двух элементов в значении double precision, либо 0 в случае её отсутствия

Значение rngsubopc (в сочетании с rngcollation, если тип элемента сортируемый) определяет порядок сортировки для типа диапазона. Значение rngcanonical используется, когда тип элемента дискретный. Значение rngsubdiff может отсутствовать, но его рекомендуется задавать для увеличения производительности индексов GiST с диапазонным типом.

51.42. pg_replication_origin

В каталоге pg_replication_origin содержатся все созданные источники репликации. Подробно источники репликации описаны в Главе 49.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_replication_origin разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_replication_origin в кластере, а не отдельные в каждой базе.

Таблица 51.42. Столбцы pg_replication_origin

Тип столбца Описание
roident oid Уникальный в рамках кластера идентификатор для источника репликации. Не должен покидать пределы системы.
roname text Определяемое пользователем внешнее имя источника репликации.

51.43. pg_rewrite

В каталоге pg_rewrite хранятся правила перезаписи для таблиц и представлений.

Таблица 51.43. Столбцы pg_rewrite

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
rulename name Имя правила
ev_class oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, к которой относится это правило
ev_type char Тип события, которое обрабатывается этим правилом: 1 = SELECT, 2 = UPDATE, 3 = INSERT, 4 = DELETE
ev_enabled char Устанавливает, в каких режимах session_replication_role срабатывает правило: O = правило срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), D = правило отклю-

Тип столбца Описание
чено, R = правило срабатывает в режиме «replica» (реплика), A = правило срабатывает всегда.
is_instead bool True, если это правило INSTEAD
ev_qual pg_node_tree Дерево выражения (в форме представления nodeToString()) для условия применения правила
ev_action pg_node_tree Дерево запроса (в форме представления nodeToString()) для действия правила

> **Примечание**
>
> Если для таблицы есть какие-либо правила в этом каталоге, значением pg_class.relhasrules для неё должно быть true.

51.44. pg_seclabel

В каталоге pg_seclabel хранятся метки безопасности для объектов баз данных. Управлять метками безопасности можно с помощью команды SECURITY LABEL. Более простой способ просмотра меток безопасности описан в Разделе 51.83.

Также обратите внимание на каталог pg_shseclabel, который выполняет ту же функцию для меток безопасности глобальных объектов в кластере баз данных.

Таблица 51.44. Столбцы pg_seclabel

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID объекта, к которому относится эта метка безопасности
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится этот объект
objsubid int4 Для метки безопасности, связанной со столбцом таблицы, это номер столбца (objoid и classoid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
provider text Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.
label text Метка безопасности, применённая к этому объекту.

51.45. pg_sequence

В каталоге pg_sequence содержится информация о последовательностях. Некоторая информация о последовательностях, в частности имя и схема, хранится в pg_class.

Таблица 51.45. Столбцы pg_sequence

Тип столбца Описание
seqrelid oid (ссылается на pg_class .oid)

Тип столбца Описание
OID записи в pg_class для этой последовательности
seqtypid oid (ссылается на pg_type .oid) Тип данных последовательности
seqstart int8 Начальное значение последовательности
seqincrement int8 Шаг увеличения последовательности
seqmax int8 Максимальное значение последовательности
seqmin int8 Минимальное значение последовательности
seqcache int8 Размер кеша последовательности
seqcycle bool Зацикливается ли последовательность

51.46. pg_shdepend

В каталоге pg_shdepend записываются отношения зависимости между объектами баз данных и разделяемыми объектами, такими как роли. Эта информация позволяет PostgreSQL удостовериться, что эти объекты не используется, прежде чем удалять их.

Также смотрите каталог pg_depend, который играет подобную роль в отношении зависимостей объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_shdepend разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_shdepend в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.46. Столбцы pg_shdepend

Тип столбца Описание
dbid oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, в которой находится зависимый объект, или ноль, если это глобальный объект
classid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, в котором находится зависимый объект
objid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID определённого зависимого объекта
objsubid int4 Для столбца таблицы это номер столбца (objid и classid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
refclassid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится вышестоящий объект (это должен быть разделяемый каталог)
refobjid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID определённого вышестоящего объекта
deptype char Код, определяющий конкретную семантику данного отношения зависимости; см. текст

Во всех случаях запись в pg_shdepend показывает, что вышестоящий объект нельзя удалить, не удаляя подчинённый объект. Однако есть несколько подвидов зависимости, задаваемых в поле deptype:

SHARED_DEPENDENCY_OWNER (o)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) является владельцем зависимого объекта.

SHARED_DEPENDENCY_ACL (a)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) упоминается в ACL (списке управления доступом, то есть списке прав) подчинённого объекта. (Запись SHARED_DEPENDENCY_ACL не создаётся для владельца объекта, так как для владельца всё равно имеется запись SHARED_DEPENDENCY_OWNER.)

SHARED_DEPENDENCY_POLICY (r)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) упомянут в качестве целевого в объекте зависимой политики.

SHARED_DEPENDENCY_PIN (p)

Зависимый объект отсутствует; этот тип записи показывает, что система сама зависит от вышестоящего объекта, так что этот объект нельзя удалять ни при каких условиях. Записи этого типа создаются только командой initdb. Поля зависимого объекта в такой записи содержат нули.

SHARED_DEPENDENCY_TABLESPACE (t)

Вышестоящий объект (это должно быть табличное пространство) упомянут в качестве табличного пространства для отношения, которое нигде не хранится.

В будущем могут появиться и другие подвиды зависимости. Заметьте в частности, что с текущим определением вышестоящими объектами могут быть только роли и табличные пространства.

51.47. pg_shdescription

В каталоге pg_shdescription хранятся дополнительные описания (комментарии) для глобальных объектов баз данных. Описания можно задавать с помощью команды COMMENT и просматривать в psql, используя команды \d.

Также смотрите каталог pg_description, который играет подобную роль в отношении описаний объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_shdescription разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_shdescription в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.47. Столбцы pg_shdescription

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID объекта, к которому относится это описание
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится этот объект
description text Произвольный текст, служащий описанием данного объекта

51.48. pg_shseclabel

В каталоге pg_shseclabel хранятся метки безопасности для глобальных объектов баз данных. Управлять метками безопасности можно с помощью команды SECURITY LABEL. Более простой способ просмотра меток безопасности описан в Разделе 51.83.

Также смотрите каталог pg_seclabel, который играет подобную роль в отношении меток безопасности объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_shseclabel разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_shseclabel в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 51.48. Столбцы pg_shseclabel

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID объекта, к которому относится эта метка безопасности
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится этот объект
provider text Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.
label text Метка безопасности, применённая к этому объекту.

51.49. pg_statistic

В каталоге pg_statistic хранится статистическая информация о содержимом базы данных. Записи в нём создаются командой ANALYZE, а затем используются планировщиком запросов. Заметьте, что все эти данные по природе своей неточные, даже если предполагается, что они актуальны.

Обычно для каждого столбца, подлежащего анализу, в этом каталоге есть одна запись со значением stainherit = false. Если у таблицы имеются потомки в иерархии наследования, также создаётся вторая запись с stainherit = true. Эта строка представляет статистику по столбцу в дереве наследования, то есть статистику по данным, которые возвратит запрос SELECT *столбец* FROM *таблица**, тогда как строка с stainherit = false представляет результаты запроса SELECT *столбец* FROM ONLY *таблица*.

В pg_statistic также хранится статистическая информация о значениях выражений индексов. Она описывается так же, как если бы это были столбцы данных; в частности, starelid ссылается на индекс. Однако для столбцов, задействуемых в индексе без выражений, дополнительная запись не добавляется, так как она повторяла бы запись для нижележащего столбца таблицы. В настоящее время во всех записях для выражений индексов stainherit = false.

Так как для различных типов данных могут быть уместны различные типы статистики, в каталоге pg_statistic не делается конкретных предположений о том, какая статистика в нём хранится. Отдельные столбцы в pg_statistic выделены только для самых общих свойств (например, доля NULL). Всё остальное хранится в «слотах», представляющих собой группы связанных столбцов, содержимое которых определяется кодовым числом в одном из столбцов слотов. За подробностями обратитесь к src/include/catalog/pg_statistic.h.

Каталог pg_statistic не должен быть доступен на чтение всем, так как даже статистическая информация о содержимом таблицы может считаться конфиденциальной. (Например, довольно интересны могут быть минимальные и максимальные значения в столбце зарплаты.) Поэтому существует pg_stats — доступное всем для чтения представление на базе pg_statistic, в котором выдаётся информация только по тем таблицам, которые может читать текущий пользователь.

Таблица 51.49. Столбцы pg_statistic

Тип столбца Описание
starelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица (или индекс), к которой принадлежит описываемый столбец

Тип столбца Описание
staattnum int2 (ссылается на pg_attribute .attnum) Номер описываемого столбца
stainherit bool Если true, в статистике учитываются значения в дочерних столбцах, а не только в указанном отношении
stanullfrac float4 Доля записей, в которых этот столбец содержит NULL
stawidth int4 Средний размер хранения не NULL-элементов, в байтах
stadistinct float4 Число различных и отличных от NULL значений в столбце. Число больше нуля представляет фактическое количество различных значений. Если это число меньше нуля, его модуль представляет множитель для общего количества строк в таблице; например, для столбца, в котором примерно 80% значений не NULL, и каждое отличное от NULL значение в среднем повторяется дважды, может быть представлено значение stadistinct = -0.4. Ноль означает, что количество различных значений неизвестно.
stakind*N* int2 Кодовое число, определяющее род статистики, хранящейся в *N*-ом «слоте» строки pg_statistic row.
staop*N* oid (ссылается на pg_operator .oid) Оператор, с которым была получена статистика, хранящаяся в *N*-ом «слоте». Например, для слота гистограммы это будет оператор <, определяющий порядок сортировки данных.
stacoll*N* oid (ссылается на pg_collation .oid) Правило сортировки, с которым была получена статистика, хранящаяся в *N*-ом «слоте». Например, для слота гистограммы, построенной для сортируемого столбца, это будет правило сортировки, определяющее порядок сортировки данных. Для несортируемых данных это поле содержит 0.
stanumbers*N* float4[] Численная статистика соответствующего рода для *N*-ного «слота», либо NULL, если с этим родом слота не связаны числовые значения
stavalues*N* anyarray Значения столбцов соответствующего рода для *N*-го «слота», либо NULL, если для этого рода слота не хранятся никакие значения. Все значения элементов массива фактически имеют тип данных столбца или связанный тип, например, тип элемента массива, так что определить типы эти столбцов более конкретно, чем anyarray, нельзя.

51.50. pg_statistic_ext

Каталог pg_statistic_ext содержит определения расширенной статистики планировщика. Каждая строка в этом каталоге соответствует *объекту статистики*, созданному командой CREATE STATISTICS.

Таблица 51.50. Столбцы pg_statistic_ext

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
stxrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, содержащая столбцы, описываемые этим объектом

Тип столбца Описание
stxname name Имя объекта статистики
stxnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот объект статистики
stxowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец объекта статистики
stxstattarget int4 Значение stxstattarget управляет детализацией статистики, собираемой для этого объекта командой ANALYZE. Нулевое значение указывает, что статистика не должна собираться. При отрицательном значении используется максимум из ориентиров статистики, заданных для целевых столбцов, а если таковые не заданы, используется системный ориентир статистики по умолчанию. Положительное значение stxstattarget определяет ориентировочное количество собираемых «самых частых значений».
stxkeys int2vector (ссылается на pg_attribute .attnum) Массив номеров атрибутов, показывающий, какие столбцы таблицы покрываются данным объектом статистики; например, значение 1 3 показывает, что статистика покрывает первый и третий столбцы таблицы
stxkind char[] Массив, содержащий коды для включённых видов статистики; допустимые значения: d для статистики по количеству различных значений (n-distinct), f для статистики по функциональным зависимостям (functional dependency) и m для списков самых частых значений (MCV)

Поле pg_statistic_ext заполняется при выполнении команды CREATE STATISTICS, но собственно значения статистики на этом этапе не вычисляются. Статистические данные вычисляются при последующих выполнениях команды ANALYZE и сохраняются в соответствующей записи в каталоге pg_statistic_ext_data.

51.51. pg_statistic_ext_data

Каталог pg_statistic_ext_data содержит данные для расширенной статистики планировщика, определённой в pg_statistic_ext. Каждая строка в этом каталоге соответствует *объекту статистики*, созданному командой CREATE STATISTICS.

Как и pg_statistic, каталог pg_statistic_ext_data не должен быть доступен на чтение для всех, потому что и его содержимое может считаться конфиденциальным. (Например, интерес могут представлять наиболее распространённые сочетания значений столбцов.) Поэтому существует pg_stats_ext — доступное всем представление на базе таблицы pg_statistic_ext_data (и присоединённого к ней pg_statistic_ext), в котором выдаётся информация только по тем таблицам и столбцам, которые может читать текущий пользователь.

Таблица 51.51. Столбцы pg_statistic_ext_data

Тип столбца Описание
stxoid oid (ссылается на pg_statistic_ext .oid) Объект расширенной статистики, содержащий определение этих данных
stxdndistinct pg_ndistinct Количество различных значений, сериализованное в типе pg_ndistinct
stxddependencies pg_dependencies Статистика по функциональным зависимостям, сериализованная в типе pg_dependencies
stxdmcv pg_mcv_list

Тип столбца Описание
Статистика по самым частым значениям (Most-Common Values, MCV), сериализованная в типе pg_mcv_list

51.52. pg_subscription

В каталоге pg_subscription содержатся все существующие подписки логической репликации. Подробнее логическая репликация описана в Главе 30.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_subscription разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_subscription в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Обычные пользователи не имеют доступа к столбцу subconninfo, так как он может содержать пароль в открытом виде.

Таблица 51.52. Столбцы pg_subscription

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
subdbid oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, в которой располагается эта подписка
subname name Имя подписки
subowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец подписки
subenabled bool Если true, подписка включена и должна реплицироваться.
subconninfo text Строка подключения к вышестоящей базе данных
subslotname name Имя слота репликации в вышестоящей базе данных (также применяется в качестве локального имени источника репликации); значение null соответствует имени NONE
subsynccommit text Содержит значение параметра synchronous_commit для рабочих процессов подписки.
subpublications text[] Массив имён публикаций, на которые оформлена подписка. Подписки с этими именами должны быть опубликованы на сервере. Подробнее публикации описаны в Разделе 30.1.

51.53. pg_subscription_rel

Каталог pg_subscription_rel содержит состояние каждого реплицируемого отношения в каждой подписке (это связь вида многие-ко-многим).

Этот каталог содержит только таблицы, известные в подписке после выполнения CREATE SUBSCRIPTION или ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION.

Таблица 51.53. Столбцы pg_subscription_rel

Тип столбца Описание
srsubid oid (ссылается на pg_subscription .oid)

Тип столбца Описание
Ссылка на подписку
srrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Ссылка на отношение
srsubstate char Код состояния: i = инициализация, d = копирование данных, s = синхронизация выполнена, r = готовность (обычная репликация)
srsublsn pg_lsn LSN изменения состояния на удалённой стороне, который используются для координации синхронизации в состояниях s или r; в других случаях — null

51.54. pg_tablespace

В каталоге pg_tablespace хранится информация о доступных табличных пространствах. Таблицы могут быть распределены по разным табличным пространствам для эффективного использования дискового хранилища.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_tablespace разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр pg_tablespace в кластере, а не отдельные для каждой базы данных.

Таблица 51.54. Столбцы pg_tablespace

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
spcname name Имя табличного пространства
spcowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец табличного пространства, обычно пользователь, создавший его
spcacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
spcoptions text[] Параметры уровня табличного пространства, в виде строк «ключ=значение»

51.55. pg_transform

В каталоге pg_transform хранятся сведения о трансформациях, которые представляют собой механизм адаптирования типов данных для процедурных языков. За дополнительной информацией обратитесь к CREATE TRANSFORM.

Таблица 51.55. Столбцы pg_transform

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
trftype oid (ссылается на pg_type .oid) OID типа данных, для которого предназначена трансформация
trflang oid (ссылается на pg_language .oid) OID языка, для которого предназначена трансформация
trffromsql regproc (ссылается на pg_proc .oid)

Тип столбца Описание
OID функции, вызываемой для преобразования типа данных, подаваемого на вход процедурному языку (например, в параметрах функции). Ноль, если эта операция не поддерживается.
trftosql regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции, вызываемой для преобразования значения, выдаваемого процедурным языком, (например, возвращаемых значений) к типу данных. Ноль, если эта операция не поддерживается.

51.56. pg_trigger

В каталоге pg_trigger хранятся триггеры для таблиц и представлений. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE TRIGGER.

Таблица 51.56. Столбцы pg_trigger

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
tgrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, к которой относится этот триггер
tgparentid oid (ссылается на pg_trigger .oid) Родительский триггер, из которого был скопирован данный, либо 0, если данный триггер — не копия; это поле заполняется, когда секция создаётся или присоединяется к секционированной таблице.
tgname name Имя триггера (должно быть уникальным среди триггеров одной таблицы)
tgfoid oid (ссылается на pg_proc .oid) Вызываемая функция
tgtype int2 Битовая маска, задающая условия срабатывания триггера
tgenabled char Устанавливает, в каких режимах session_replication_role срабатывает триггер: O = триггер срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), D = триггер отключён, R = триггер срабатывает в режиме «replica» (реплика), A = триггер срабатывает всегда.
tgisinternal bool True, если триггер создан внутри системы (обычно, для реализации ограничения, заданного в tgconstraint)
tgconstrrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Таблица, задействованная в ограничении ссылочной целостности
tgconstrindid oid (ссылается на pg_class .oid) Индекс, поддерживающий ограничение уникальности, первичного ключа или ссылочной целостности, либо ограничение-исключение
tgconstraint oid (ссылается на pg_constraint .oid) Запись в pg_constraint , связанная этим триггером, если такая имеется
tgdeferrable bool True, если триггер ограничения является откладываемым
tginitdeferred bool True, если триггер ограничения изначально отложенный

Тип столбца Описание
tgnargs int2 Число аргументов, передаваемых функции триггера
tgattr int2vector (ссылается на pg_attribute .attnum) Номера столбцов, если триггер привязан к столбцам; в противном случае пустой массив
tgargs bytea Аргументы строкового типа, передаваемые триггеру, с NULL в конце каждого
tgqual pg_node_tree Дерево выражения (в представлении nodeToString()) для условия триггера WHEN, либо NULL, если оно отсутствует
tgoldtable name Предложение REFERENCING для OLD TABLE или NULL в случае его отсутствия
tgnewtable name Предложение REFERENCING для NEW TABLE или NULL в случае его отсутствия

В настоящее время триггеры, привязанные к столбцам, поддерживаются только для событий UPDATE, так что tgattr применимо только к событиям такого типа. Поле tgtype может содержать биты и для других типов событий, но они распространяются только на таблицы, вне зависимости от значения tgattr.

Примечание

Когда tgconstraint содержит не ноль, то есть ссылается на запись в pg_constraint, поля tgconstrrelid, tgconstrindid, tgdeferrable и tginitdeferred по большому счёту избыточны, они повторяют значения в этой записи. Однако возможно связать неоткладываемый триггер с откладываемым ограничением: с ограничениями внешнего ключа могут быть связаны и откладываемые, и неоткладываемые триггеры.

Примечание

Если для отношения есть какие-либо триггеры в этом каталоге, значением pg_class.relhastriggers для неё должно быть true.

51.57. pg_ts_config

Каталог pg_ts_config содержит записи, представляющие конфигурации текстового поиска. Конфигурация задаёт определённый анализатор текстового поиска и список словарей, которые будут использоваться для каждого из фрагментов, выдаваемых анализатором. Анализатор задаётся в записи в pg_ts_config, а сопоставления фрагментов со словарями определяются в подчинённых записях в pg_ts_config_map.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 51.57. Столбцы pg_ts_config

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
cfgname name Имя конфигурации текстового поиска
cfgnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid)

Тип столбца Описание
OID пространства имён, содержащего эту конфигурацию
cfgowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец конфигурации
cfgparser oid (ссылается на pg_ts_parser .oid) OID анализатора текстового поиска для этой конфигурации

51.58. pg_ts_config_map

В каталоге pg_ts_config_map содержатся записи, показывающие, к каким словарям текстового поиска и в каком порядке следует обращаться для каждого типа фрагмента, выдаваемого каждым анализатором текстового поиска.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 51.58. Столбцы pg_ts_config_map

Тип столбца Описание
mapcfg oid (ссылается на pg_ts_config .oid) OID записи в pg_ts_config , к которой относится эта запись сопоставления
maptokentype int4 Тип фрагмента, выдаваемый анализатором текстового поиска
mapseqno int4 Порядок, в котором нужно просматривать эту запись (меньшие mapseqno просматриваются сначала)
mapdict oid (ссылается на pg_ts_dict .oid) OID словаря текстового поиска, к которому нужно обратиться

51.59. pg_ts_dict

В каталоге pg_ts_dict содержатся записи, определяющие словари текстового поиска. Словарь зависит от шаблона текстового поиска, в котором задаются все требуемые функции реализации; сам словарь предоставляет значения для настраиваемых параметров, поддерживаемых шаблонов. Такое разделение позволяет создавать словари непривилегированным пользователям. Параметры задаются текстовой строкой dictinitoption, их формат и значение зависят от шаблона.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 51.59. Столбцы pg_ts_dict

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
dictname name Имя словаря текстового поиска
dictnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот словарь
dictowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец словаря
dicttemplate oid (ссылается на pg_ts_template .oid) OID шаблона текстового поиска для этого словаря
dictinitoption text

Тип столбца Описание
Строка с параметрами инициализации для шаблона

51.60. pg_ts_parser

В каталоге pg_ts_parser содержатся записи, определяющие анализаторы текстового поиска. Анализатор отвечает за разделение входного текста на лексемы и назначение типа фрагмента каждой лексеме. Так как анализатор должен быть реализован в функции на языке уровня C, создавать новые анализаторы разрешено только суперпользователям баз данных.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 51.60. Столбцы pg_ts_parser

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
prsname name Имя анализатора текстового поиска
prsnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот анализатор
prsstart regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции запуска анализатора
prstoken regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции анализатора, выдающей следующий фрагмент
prsend regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции анализатора, оканчивающей разбор
prsheadline regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции анализатора, выдающей выдержки
prslextype regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции анализатора лексических типов

51.61. pg_ts_template

В каталоге pg_ts_template содержатся записи, определяющие шаблоны текстового поиска. Шаблон представляет собой заготовку для класса словарей текстового поиска. Так как шаблон должен быть реализован в функциях на уровне языка C, создавать новые шаблоны разрешено только суперпользователям базы.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 51.61. Столбцы pg_ts_template

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
tmplname name Имя шаблона текстового поиска
tmplnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот шаблон
tmplinit regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции инициализации шаблона

Тип столбца Описание
tmpllexize regproc (ссылается на pg_proc .oid) OID функции выделения лексем

51.62. pg_type

В каталоге pg_type хранится информация о типах данных. Базовые типы и типы-перечисления (скалярные типы) создаются командой CREATE TYPE, а домены — командой CREATE DOMAIN. При добавлении любой таблицы в базу данных автоматически создаётся составной тип, представляющий структуру строки таблицы. Также возможно создавать составные типы с помощью команды CREATE TYPE AS.

Таблица 51.62. Столбцы pg_type

Тип столбца Описание
oid oid Идентификатор строки
typname name Имя типа данных
typnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён, содержащего этот тип
typowner oid (ссылается на pg_authid .oid) Владелец типа
typlen int2 Для типа фиксированного размера в typlen задаётся число байт во внутреннем представлении типа. Но для типов переменной длины, typlen будет отрицательным. Значение -1 обозначает тип «varlena» (он содержит машинное слово, определяющее длину), а -2 обозначает строку в стиле C, оканчивающуюся нулём.
typbyval bool Поле typbyval определяет, будут ли внутренние процедуры передавать переменные этого типа по значению или по ссылке. Полю typbyval лучше присвоить false, если длина typlen не равна 1, 2 или 4 (либо 8, на 64-битных машинах). Типы переменной длины всегда передаются по ссылке. Заметьте, что typbyval может быть false, даже если размер типа позволяет передачу по значению.
typtype char Поле typtype принимает значение b для базового типа (base), c для составного (composite), то есть типа строки таблицы, d для домена (domain), e для перечисления (enum), p для псевдотипа (pseudo-type) или r для диапазона (range). См. также typrelid и typbasetype.
typcategory char В поле typcategory задаётся произвольная классификация типов данных, на основе которой анализатор запросов может определить, какие неявные приведения будут «предпочитаемыми». См. Таблицу 51.63.
typispreferred bool True, если этот тип является предпочитаемым целевым типом в своей категории (typcategory)
typisdefined bool True, если тип определён, и false, если это тип-заготовка для ещё не определённого типа. Когда значение typisdefined — false, можно полагаться только на заданное имя, пространство имён и OID типа.
typdelim char

Тип столбца **Описание**
Символ, разделяющий два значения этого типа при разборе вводимого массива. Заметьте, что этот разделитель связывается с типом данных элемента массива, а не с типом самого массива.
typrelid oid (ссылается на pg_class .oid) Если это составной тип (см. typtype), этот столбец указывает на запись pg_class , определяющую соответствующую таблицу. (Для независимого составного типа запись в pg_class на самом деле не представляет таблицу, но она всё равно нужна для связывания с записями pg_attribute этого типа.) Для не составных типов содержит ноль.
typelem oid (ссылается на pg_type .oid) Если значение typelem не 0, оно указывает на другую строку в pg_type . В этом случае к текущему типу можно обращаться по индексу, как к массиву, и получать значения типа typelem. «Настоящий» тип массива имеет переменную длину (typlen = -1), но для некоторых типов фиксированной длины (typlen > 0) также определяется typelem, например, для name и point. Если для типа фиксированной длины определён typelem, его внутренним представлением будет некоторое количество значений типа typelem, без других данных. Типы массивов переменной длины также содержат заголовок, определяемый подпрограммами массива.
typarray oid (ссылается на pg_type .oid) Если поле typarray не равно 0, оно указывает на другую запись в pg_type , описывающую «настоящий» тип массива, в которой этот тип будет элементом
typinput regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция преобразования ввода (из текстового формата)
typoutput regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция преобразования вывода (в текстовый формат)
typreceive regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция преобразования ввода (из двоичного формата), либо 0, если её нет
typsend regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция преобразования вывода (в двоичный формат), либо 0, если её нет
typmodin regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция ввода модификатора типа, либо 0, если тип не поддерживает модификаторы
typmodout regproc (ссылается на pg_proc .oid) Функция вывода модификатора типа, либо 0 для использования стандартного формата
typanalyze regproc (ссылается на pg_proc .oid) Нестандартная функция ANALYZE, либо 0 для использования стандартной функции
typalign char Переменная typalign определяет выравнивание, требуемое при хранении значения этого типа. Эта величина применяется при хранении на диске, а также для большинства представлений значений внутри PostgreSQL. Когда последовательно хранятся несколько значений, как например в представлении полной строки на диске, дополнительные байты добавляются перед значением этого типа, чтобы оно начиналось с указанной границы. Заданное выравнивание определяет смещение первого элемента последовательности. Возможные значения: • c = выравнивание по символам (char), то есть выравнивание не требуется. • s = выравнивание по коротким словам (short), 2 байта для большинства машин. • i = выравнивание по целым (int), 4 байта для большинства машин. • d = выравнивание по двойным словам (double), 8 байт для большинства машин, но не для всех.
typstorage char

Тип столбца Описание
Значение typstorage для типов varlena (типов с typlen = -1) говорит, готов ли тип для помещения в TOAST, и какова стратегия по умолчанию для хранения атрибутов этого типа. Возможные значения: • p (plain, простое): Значение всегда должно храниться простым образом (этот вариант используется для всех типов постоянной длины). • e (external, внешнее): Значения могут храниться во вторичном отношении «TOAST» (если оно есть, см. pg_class.reltoastrelid). • m (main, основное): Значения могут сжиматься и храниться внутри кортежа. • x (extended, расширенное): Значения могут сжиматься и/или перемещаться во вторичное хранилище. Для типов, которые могут быть помещены в TOAST, обычно применяется стратегия x. Заметьте, что значения m тоже могут быть помещены во вторичное хранилище, но только в качестве последней меры (в первую очередь в него помещаются значения e и x).
typnotnull bool Поле typnotnull представляет ограничение «не NULL» для типа. Применяется только для доменов.
typbasetype oid (ссылается на pg_type .oid) Если это домен (см. typtype), то typbasetype указывает на тип, на котором он основан. Ноль, если это не домен.
typtypmod int4 Домены используют typtypmod для записи модификатора (typmod), применяемого к их базовому типу (-1, если базовый тип не использует typmod). Если тип не является доменом, принимает значение -1.
typndims int4 Значение typndims задаёт число размерностей массива для домена, определённого поверх массива (то есть когда typbasetype — тип массива). Для типов, отличных от доменов поверх типов массивов, принимает значение 0.
typcollation oid (ссылается на pg_collation .oid) Значение typcollation задаёт правило сортировки для типа. Если тип не является сортируемым, оно будет нулевым. У базового типа, поддерживающего правила сортировки, в этом поле будет ненулевое значение, обычно DEFAULT_COLLATION_OID . Домен на базе сортируемого типа может иметь другой OID правила сортировки, если оно было изменено для домена.
typdefaultbin pg_node_tree Если поле typdefaultbin не NULL, в нём содержится представление выражения по умолчанию для этого типа (совместимое с nodeToString() . Это поле используется только для доменов.
typdefault text Поле typdefault содержит NULL, если с типом не связано значение по умолчанию. Если typdefaultbin не NULL, typdefault должно содержать понятную человеку версию выражения значения по умолчанию, записанного в typdefaultbin. Если typdefaultbin содержит NULL, а typdefault нет, то в typdefault находится внешнее представление значения по умолчанию, которое можно передать функции преобразования ввода и получить константу.
typacl aclitem[] Права доступа; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.

> **Примечание**
>
> Для типов фиксированного размера, используемых в системных таблицах, важно, чтобы размер и выравнивание, определённые в `pg_type`, согласовывались с тем, как компилятор располагает этот столбец в структуре, представляющей строку таблицы.

В Таблице 51.63 перечисляются определённые в системе значения `typcategory`. Если этот список будет дополняться в будущем, в него будут добавляться тоже буквы ASCII в верхнем регистре. Все другие символы ASCII зарезервированы для категорий, определяемых пользователями.

Таблица 51.63. Коды typcategory

Код	Категория
`A`	Типы массивов
`B`	Логические типы
`C`	Составные типы
`D`	Типы даты/времени
`E`	Типы-перечисления
`G`	Геометрические типы
`I`	Типы, описывающие сетевые адреса
`N`	Числовые типы
`P`	Псевдотипы
`R`	Диапазонные типы
`S`	Строковые типы
`T`	Интервальные типы
`U`	Пользовательские типы
`V`	Типы битовых строк
`X`	Неизвестный тип (`unknown`)

51.63. pg_user_mapping

В каталоге `pg_user_mapping` хранятся сопоставления локальных пользователей с удалёнными. Обычные пользователи не имеют доступа к этому каталогу, они должны использовать представление `pg_user_mappings`.

Таблица 51.64. Столбцы pg_user_mapping

Тип столбца Описание
`oid oid` Идентификатор строки
`umuser oid` (ссылается на `pg_authid.oid`) OID сопоставляемой локальной роли, либо 0, если сопоставление задаётся для всех
`umserver oid` (ссылается на `pg_foreign_server.oid`) OID стороннего сервера, содержащего это сопоставление
`umoptions text[]` Специальные параметры сопоставления пользователей, в виде строк «ключ=значение»

51.64. Системные представления

В дополнение к системным каталогам, в PostgreSQL есть набор встроенных представлений. Некоторые системные представления содержат в себе некоторые популярные запросы к системным каталогам, а другие дают доступ к внутреннему состоянию сервера.

Информационная схема (см. Главу 36) содержит другой набор представлений, пересекающихся по функциональности с системными представлениям. Так как информационная схема соответствует стандарту SQL, тогда как описанные здесь представления свойственны только для PostgreSQL, обычно лучше использовать информационную схему, если через неё можно получить всю требуемую информацию.

В Таблице 51.65 перечислены описываемые здесь системные представления. Подробное описание каждого представления следует далее. Есть также дополнительные представления, дающие доступ к результатам работы сборщика статистики; они перечисляются в Таблице 27.2.

Кроме явно отмеченных исключений, все описанные здесь представления доступны только для чтения.

Таблица 51.65. Системные представления

Имя представления	Предназначение
pg_available_extensions	доступные расширения
pg_available_extension_versions	доступные версии расширений
pg_config	параметры конфигурации времени компиляции
pg_cursors	открытые курсоры
pg_file_settings	сводка содержимого файла конфигурации
pg_group	группы пользователей баз данных
pg_hba_file_rules	сводка содержимого файла конфигурации аутентификации клиентов
pg_indexes	индексы
pg_locks	блокировки, установленные или ожидаемые в данный момент
pg_matviews	материализованные представления
pg_policies	policies
pg_prepared_statements	подготовленные операторы
pg_prepared_xacts	подготовленные транзакции
pg_publication_tables	публикации и связанные с ними таблицы
pg_replication_origin_status	информация об источниках репликации, включая данные прогресса репликации
pg_replication_slots	информация о слотах репликации
pg_roles	роли баз данных
pg_rules	правила
pg_seclabels	метки безопасности
pg_sequences	последовательности
pg_settings	значения параметров
pg_shadow	пользователи базы данных
pg_shmem_allocations	блоки, выделенные в общей памяти
pg_stats	статистика планировщика

Имя представления	Предназначение
pg_stats_ext	расширенная статистика планировщика
pg_tables	таблицы
pg_timezone_abbrevs	аббревиатуры часовых поясов
pg_timezone_names	имена часовых поясов
pg_user	пользователи базы данных
pg_user_mappings	сопоставления пользователей
pg_views	представления

51.65. pg_available_extensions

В представлении pg_available_extensions перечисляются расширения, доступные для установки. Также обратите внимание на каталог pg_extension, в котором перечисляются уже установленные расширения.

Таблица 51.66. Столбцы pg_available_extensions

Тип столбца Описание
name name Имя расширения
default_version text Имя версии по умолчанию, либо NULL, если это имя не определено
installed_version text Текущая установленная версия расширения, либо NULL, если расширение не установлено
comment text Строка комментария из управляющего файла расширения

Представление pg_available_extensions доступно только для чтения.

51.66. pg_available_extension_versions

В представлении pg_available_extension_versions перечислены определённые версии расширений, доступные для установки. Также обратите внимание на каталог pg_extension, в котором перечисляются уже установленные расширения.

Таблица 51.67. Столбцы pg_available_extension_versions

Тип столбца Описание
name name Имя расширения
version text Имя версии
installed bool True, если эта версия расширения уже установлена
superuser bool True, если устанавливать это расширение разрешено только суперпользователям (но см. trusted)
trusted bool True, если это расширение может быть установлено обычными пользователями, имеющими необходимые права

Тип столбца Описание
relocatable bool True, если расширение можно переместить в другую схему
schema name Имя схемы, в которую должно быть установлено расширение, либо NULL, если оно частично или полностью переместимо
requires name[] Имена расширений, требующихся для данного, либо NULL, если таких нет
comment text Строка комментария из управляющего файла расширения

Представление pg_available_extension_versions доступно только для чтения.

51.67. pg_config

В представлении pg_config описываются конфигурационные параметры времени компиляции для текущей установленной версии PostgreSQL. Оно предназначено, например, для программных средств, которым может потребоваться узнать у PostgreSQL расположение требуемых заголовочных файлов и библиотек. Оно выдаёт ту же базовую информацию, что и клиентская утилита PostgreSQL pg_config.

По умолчанию представление pg_config доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 51.68. Столбцы pg_config

Тип столбца Описание
name text Имя параметра
setting text Значение параметра

51.68. pg_cursors

В представлении pg_cursors перечисляются курсоры, доступные в данный момент. Курсоры могут быть созданы несколькими способами:

- через оператор DECLARE в SQL
- через сообщение Bind в клиент-серверном протоколе, как описано в Подразделе 52.2.3
- через интерфейс программирования сервера (SPI, Server Programming Interface), как описано в Разделе 46.1

В представлении pg_cursors показываются курсоры, полученные любым способом. Курсор существует только на протяжении транзакции, в которой он определён, если только он не был объявлен с указанием WITH HOLD. Поэтому не удерживаемые курсоры показываются в этом представлении только пока не завершится создавшая их транзакция.

> **Примечание**
>
> Курсоры используются внутри системы для реализации некоторых компонентов PostgreSQL, таких как процедурные языки. Таким образом, в представлении pg_cursors могут быть курсоры, которые пользователи не создавали явно.

Таблица 51.69. Столбцы pg_cursors

Тип столбца Описание
name text Имя курсора
statement text Дословная строка запроса, создавшего данный курсор
is_holdable bool True, если курсор удерживаемый (то есть, к нему можно обращаться после того, как будет зафиксирована транзакция, в которой он объявлен); в противном случае — false
is_binary bool True, если курсор был объявлен с указанием BINARY; в противном случае — false
is_scrollable bool True, если курсор прокручиваемый (то есть, позволяет получать строки непоследовательным образом); в противном случае — false
creation_time timestamptz Время, в которое был объявлен курсор

Представление pg_cursors доступно только для чтения.

51.69. pg_file_settings

В представлении pg_file_settings показывается сводное содержимое файлов конфигурации сервера. Для каждой имеющейся в этих файлах записи «имя = значение» это представление содержит строку с отметкой, показывающей, может ли это значение быть успешно применено. Также это представление может содержать дополнительные строки, говорящие о проблемах, не связанных с записями «имя = значение», например, синтаксических ошибках в этих файлах.

Это представление полезно для проверки, будут ли работать планируемые изменения в файлах конфигурации, или для диагностики возникшей ранее проблемы. Заметьте, что в этом представлении отражается *текущее* содержимое файлов, а не то, что было применено сервером в последний раз. (Чтобы получить то состояние, обычно достаточно обратиться к представлению pg_settings.)

По умолчанию представление pg_file_settings доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 51.70. Столбцы pg_file_settings

Тип столбца Описание
sourcefile text Полный путь и имя файла конфигурации
sourceline int4 Номер строки в файле конфигурации, из которой получена эта запись
seqno int4 Порядок, в котором обрабатываются записи (1..*n*)
name text Имя параметра конфигурации
setting text Значение, присваиваемое параметру
applied bool True, если значение может быть применено успешно
error text

Тип столбца Описание
Сообщение об ошибке, говорящее, почему эта запись не может быть применена, либо NULL

Если файл конфигурации содержит синтаксические ошибки или недопустимые имена параметров, сервер не будет пытаться применять никакие параметры из него, так что все поля applied будут равны False. В этом случае представление будет содержать одну или несколько строк, в которых поле error описывает проблему. Иначе отдельные записи этого файла будут применяться по возможности. Если заданное в некоторой записи присваивание выполнить нельзя (например, из-за неверного значения или если параметр нельзя изменять после запуска сервера), в поле error для неё будет записано соответствующее сообщение. Поле applied также может содержать False, если данная запись переопределяется последующей записью с тем же именем параметра; это не считается ошибкой, так что поле error будет пустым.

Чтобы узнать больше о различных способах изменения параметров времени выполнения, обратитесь к Разделу 19.1.

51.70. pg_group

Представление pg_group существует для обратной совместимости: оно эмулирует каталог, существовавший в PostgreSQL до версии 8.1. В нём показываются имена и члены всех ролей без признака rolcanlogin, что приблизительно соответствует списку ролей, которые использовались как группы.

Таблица 51.71. Столбцы pg_group

Тип столбца Описание
groname name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя группы
grosysid oid (ссылается на pg_authid .oid) ID этой группы
grolist oid[] (ссылается на pg_authid .oid) Массив, содержащий идентификаторы ролей в этой группе

51.71. pg_hba_file_rules

В представлении pg_hba_file_rules показывается сводное содержимое файла конфигурации аутентификации клиентов, pg_hba.conf. Для каждой непустой и незакомментированной строки в этом файле данное представление содержит одну строку с отметкой, показывающей, может ли это правило быть успешно применено.

Это представление может быть полезно для проверки, будут ли работать планируемые изменения в файле конфигурации аутентификации, или для диагностики возникшей проблемы. Заметьте, что в этом представлении отражается *текущее* содержимое файла, а не то, что было загружено сервером в последний раз.

По умолчанию представление pg_hba_file_rules доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 51.72. Столбцы pg_hba_file_rules

Тип столбца Описание
line_number int4

Тип столбца Описание
Номер строки этого правила в pg_hba.conf
type text Тип подключения
database text[] Список имён баз данных, к которым применяется это правило
user_name text[] Список имён пользователей и групп, к которым применяется это правило
address text Имя или IP-адрес узла либо одно из значений: all, samehost или samenet, либо NULL для локальных подключений
netmask text Маска IP-адреса либо NULL, если это неприменимо
auth_method text Метод аутентификации
options text[] Параметры, задаваемые для метода аутентификации (если они есть)
error text Сообщение об ошибке, говорящее, почему эта строка не может быть обработана, либо NULL

Обычно строка, отражающая некорректную запись, будет содержать значения только в полях line_number и error.

Чтобы узнать больше о конфигурации аутентификации клиентов, обратитесь к Главе 20.

51.72. pg_indexes

Представление pg_indexes даёт доступ к полезной информации обо всех индексах в базе данных.

Таблица 51.73. Столбцы pg_indexes

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу и индекс
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы, для которой создан индекс
indexname name (ссылается на pg_class .relname) Имя индекса
tablespace name (ссылается на pg_tablespace .spcname) Имя табличного пространства, содержащего индекс (NULL, если это пространство по умолчанию)
indexdef text Определение индекса (реконструированная команда CREATE INDEX)

51.73. pg_locks

Представление pg_locks даёт доступ к информации о блокировках, удерживаемых активными процессами на сервере баз данных. Подробнее блокировки рассматриваются в Главе 13.

Представление pg_locks содержит одну строку для каждого активного блокируемого объекта, запрошенного режима блокировки и блокирующего процесса. Таким образом, один и тот же блокируемый объект может фигурировать в этом представлении неоднократно, если его блокируют или ожидают блокировки несколько процессов. Однако объекты, свободные от блокировок, в этом представлении отсутствуют вовсе.

Существует несколько различных типов блокируемых объектов: отношения целиком (например, таблицы), отдельные страницы отношений, отдельные кортежи отношений, идентификаторы транзакций (виртуальные и постоянные) и произвольные объекты баз данных (идентифицируемые по OID класса и OID объекта, так же как в pg_description или pg_depend). Кроме того, в виде отдельного блокируемого объекта представлено право расширения отношения, как и право изменения значения pg_database.datfrozenxid. Также могут быть установлены «рекомендательные» блокировки, не имеющие предопределённого значения.

Таблица 51.74. Столбцы pg_locks

Тип столбца Описание
locktype text Тип блокируемого объекта: relation (отношение), extend (расширение отношения), frozenid (замороженный идентификатор), page (страница), tuple (кортеж), transactionid (идентификатор транзакции), virtualxid (виртуальный идентификатор), spectoken (спекулятивный маркер), object (объект), userlock (пользовательская блокировка) или advisory (рекомендательная). (См. также Таблицу 27.11.)
database oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, к которой относится цель блокировки, ноль, если это разделяемый объект, либо NULL, если целью является идентификатор транзакции
relation oid (ссылается на pg_class .oid) OID отношения, являющегося целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не отношение или часть отношения
page int4 Номер страницы в отношении, являющейся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не страница или кортеж отношения
tuple int2 Номер кортежа на странице, являющегося целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не кортеж
virtualxid text Виртуальный идентификатор транзакции, являющийся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — другой объект
transactionid xid Идентификатор транзакции, являющийся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — другой объект
classid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, содержащего цель блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных
objid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID цели блокировки в соответствующем системном каталоге, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных
objsubid int2 Номер столбца, являющегося целью блокировки (на саму таблицу указывают classid и objid), ноль, если это некоторый другой обычный объект базы данных, либо NULL, если цель не обычный объект
virtualtransaction text Виртуальный идентификатор транзакции, удерживающей или ожидающей блокировку

Тип столбца Описание
`pid` `int4` Идентификатор серверного процесса (PID, Process ID), удерживающего или ожидающего эту блокировку, либо NULL, если блокировка удерживается подготовленной транзакцией
`mode` `text` Название режима блокировки, которая удерживается или запрашивается этим процессом (см. Подраздел 13.3.1 и Подраздел 13.2.3)
`granted` `bool` True, если блокировка получена, и false, если она ожидается
`fastpath` `bool` True, если блокировка получена по быстрому пути, и false, если она получена через основную таблицу блокировок

Признак `granted` устанавливается в строке, представляющей блокировку, удерживаемую указанным процессом. Если он сброшен, этот процесс ждёт блокировки, из чего следует что как минимум один другой процесс удерживает или ожидает блокировку того же объекта в конфликтующем режиме. Ожидающий процесс будет приостановлен до освобождения другой блокировки (или выявления ситуации взаимоблокировки). Один процесс в один момент времени может ожидать получения максимум одной блокировки.

На протяжении транзакции серверный процесс удерживает исключительную блокировку виртуального идентификатора транзакции. Если транзакции назначается постоянный идентификатор (что обычно происходит, только если транзакция изменяет состояние базы данных), он также удерживает до её завершения блокировку этого постоянного идентификатора. Когда процесс находит необходимым ожидать именно какую-то другую транзакцию, он делает это, запрашивая разделяемую блокировку для идентификатора этой транзакции (виртуального или постоянного, в зависимости от ситуации). Этот запрос будет выполнен, только когда другая транзакция завершится и освободит свои блокировки.

Хотя кортежи тоже представляют собой блокируемый объект, информация о блокировках строк хранится на диске, а не в памяти, поэтому такие блокировки обычно не показываются в этом представлении. Если процесс ожидает блокировки на уровне строки, он обычно виден в нём как ожидающий постоянного идентификатора транзакции текущего владельца этой блокировки.

Рекомендательные блокировки могут быть получены по ключам, состоящим из одного значения `bigint` или из двух значений integer. Старшая половина `bigint` выводится в столбце `classid`, а младшая половина в столбце `objid`, и `objsubid` равен 1. Исходное значение `bigint` может быть восстановлено выражением `(classid::bigint << 32) | objid::bigint`. Для ключей integer первая часть ключа находится в `classid`, а вторая часть в `objid`, и `objsubid` равна 2. Конкретное предназначение этих ключей определяет пользователь. Рекомендательные блокировки существуют в рамках базы данных, поэтому столбец `database` имеет значение для таких блокировок.

Представление `pg_locks` даёт общую информацию по всем блокировкам в кластере баз данных, а не только по тем, что относятся к текущей базе. Хотя соединив `relation` с `pg_class.oid`, можно получить заблокированные отношения, это будет работать корректно только для отношений в текущей базе данных (для тех, в блокировках которых столбец `database` содержит OID текущей базы данных или ноль).

Соединив столбец `pid` со столбцом `pid` представления `pg_stat_activity`, можно получить дополнительную информацию о сеансах, удерживающих или ожидающих каждую блокировку, например так:

```
SELECT * FROM pg_locks pl LEFT JOIN pg_stat_activity psa
    ON pl.pid = psa.pid;
```

Также, если вы используете подготовленные транзакции, столбец virtualtransaction можно соединить со столбцом transaction представления pg_prepared_xacts для получения дополнительной информации о подготовленных транзакциях, удерживающих блокировки. (Подготовленная транзакция не может ожидать блокировок, но она может продолжать удерживать блокировки, полученные ей в процессе выполнения.) Например:

```
SELECT * FROM pg_locks pl LEFT JOIN pg_prepared_xacts ppx
    ON pl.virtualtransaction = '-1/' || ppx.transaction;
```

Хотя в принципе возможно получить информацию о процессах, которые блокируют другие процессы, соединив представление pg_locks с ним же, очень трудно сделать это правильно во всех деталях. В частности потому, что такой запрос должен будет знать, какие режимы блокировки конфликтуют с другими. Мало того, представление pg_locks не показывает, какие процессы стоят перед какими в очередях ожидания блокировок, а также какие процессы являются параллельными рабочими процессами и к каким клиентским сеансам они относятся. Чтобы узнать, каким процессом или процессами блокируется ожидающий процесс, лучше использовать функцию pg_blocking_pids() (см. Таблицу 9.63).

В представлении pg_locks показываются данные и из менеджера обычных блокировок, и из менеджера предикатных блокировок, которые являются отдельными механизмами; кроме того, менеджер обычных блокировок подразделяет свои блокировки на обычные и полученные *быстрым путём*. Абсолютная согласованность всех этих данных не гарантируется. При обращении к этому представлению данные блокировок по быстрому пути (с fastpath = true) собираются по очереди с каждого серверного процесса, без замораживания состояния всего менеджера блокировок, так что существует возможность, что в процессе сбора этой информации блокировки будут освобождены или получены. Заметьте однако, что эти блокировки не должны конфликтовать с любыми другими актуальными блокировками. После того как от всех процессов получены блокировки по быстрому пути, менеджер обычных блокировок замораживается целиком и информация обо всех оставшихся блокировках собирается в атомарной операции. После размораживания этого менеджера, также замораживается менеджер предикатных блокировок, и информация об этих блокировках собирается атомарно. Таким образом, за исключением блокировок по быстрому пути, каждый менеджер блокировок выдаёт согласованный набор результатов, но так как мы не блокируем оба этих менеджера одновременно, блокировки могут быть получены или освобождены после того, как опрашивается менеджер обычных блокировок, и до того, как опрашивается менеджер предикатных блокировок.

Блокировка менеджера обычных или предикатных блокировок может отразиться на производительности базы данных, если обращаться к этому представлению часто. Эта блокировка удерживается не дольше, чем необходимо для получения данных от менеджеров, но это не исключает возможность снижения производительности.

51.74. pg_matviews

Представление pg_matviews даёт доступ к полезной информации обо всех материализованных представлениях в базе данных.

Таблица 51.75. Столбцы pg_matviews

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей материализованное представление
matviewname name (ссылается на pg_class .relname) Имя материализованного представления
matviewowner name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя владельца материализованного представления
tablespace name (ссылается на pg_tablespace .spcname)

Тип столбца Описание
Имя табличного пространства, содержащего материализованное представление (NULL, если это пространство по умолчанию)
hasindexes bool True, если материализованное представление имеет (или недавно имело) индексы
ispopulated bool True, если материализованное представление в данный момент наполнено
definition text Определение материализованного представления (реконструированный запрос SELECT)

51.75. pg_policies

Представление pg_policies даёт доступ к полезной информации обо всех политиках защиты на уровне строк в базе данных.

Таблица 51.76. Столбцы pg_policies

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу с этой политикой
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы с этой политикой
policyname name (ссылается на pg_policy .polname) Имя политики
permissive text Является ли политика разрешительной или ограничительной?
roles name[] Роли, к которым применяется политика
cmd text Тип команды, к которому применяется политика
qual text Выражение, добавляемое к условиям барьера безопасности в запросы, к которым применяется политика
with_check text Выражение, добавляемое к условиям WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавлять строки в таблицу

51.76. pg_prepared_statements

В представлении pg_prepared_statements отображаются все подготовленные операторы, существующие в текущем сеансе. За дополнительными сведениями о подготовленных операторах обратитесь к PREPARE.

Представление pg_prepared_statements содержит отдельную строку для каждого подготовленного оператора. Строки добавляются в него, когда создаётся новый подготовленный оператор, и удаляются, когда подготовленный оператор освобождается (например, командой DEALLOCATE).

Таблица 51.77. Столбцы pg_prepared_statements

Тип столбца Описание
name text

Тип столбца Описание
Идентификатор подготовленного оператора
`statement text` Строка запроса, переданного клиентом и создавшего этот подготовленный оператор. Для подготовленных операторов, создаваемых через SQL, это оператор `PREPARE`, переданный клиентом. Для подготовленных операторов, созданных через клиент-серверный протокол, этот текст представляет сам подготовленный оператор.
`prepare_time timestamptz` Время, в которое был создан подготовленный оператор
`parameter_types regtype[]` Ожидаемые типы параметров для подготовленного оператора в форме массива `regtype`. OID, соответствующий элементу этого массива, может быть получен в результате приведения значения `regtype` к `oid`.
`from_sql bool` Значение `true`, если подготовленный оператор был создан SQL-командой `PREPARE`; `false`, если оператор был подготовлен через клиент-серверный протокол

Представление `pg_prepared_statements` доступно только для чтения.

51.77. pg_prepared_xacts

Представление `pg_prepared_xacts` содержит информацию о транзакциях, которые в настоящее время подготовлены для двухфазной фиксации (за подробностями обратитесь к PREPARE TRANSACTION).

Представление `pg_prepared_xacts` содержит отдельную запись для каждой подготовленной транзакции. Эта запись удаляется, когда транзакция фиксируется или откатывается.

Таблица 51.78. Столбцы pg_prepared_xacts

Тип столбца Описание
`transaction xid` Числовой идентификатор подготовленной транзакции
`gid text` Глобальный идентификатор транзакции, назначаемый транзакции
`prepared timestamptz` Время, в которое транзакция была подготовлена для фиксации
`owner name` (ссылается на `pg_authid .rolname`) Имя пользователя, выполнявшего транзакцию
`database name` (ссылается на `pg_database .datname`) Имя базы данных, в которой выполнялась транзакция

Когда запрашивается представление `pg_prepared_xacts`, внутренние структуры данных менеджера транзакций на мгновение блокируются и создаётся их копия для вывода через это представление. Это гарантирует, что представление выдаёт согласованный набор результатов, при этом не задерживая обычные операции на более продолжительное время, чем необходимо. Тем не менее это может отрицательно сказаться на производительности базы данных при частых обращениях к представлению.

51.78. pg_publication_tables

Представление pg_publication_tables содержит информацию о сопоставлениях публикаций с таблицами, которые в них содержатся. В отличие от нижележащего каталога pg_publication_rel, в это представление добавляются публикации, определённые как FOR ALL TABLES, так что с такими публикациями будет присутствовать строка для каждой соответствующей таблицы.

Таблица 51.79. Столбцы pg_publication_tables

Тип столбца Описание
pubname name (ссылается на pg_publication .pubname) Имя публикации
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы

51.79. pg_replication_origin_status

Представление pg_replication_origin_status содержит информацию о позиции воспроизведения записей репликации, достигнутой для определённого источника. Подробно источники репликации описаны в Главе 49.

Таблица 51.80. Столбцы pg_replication_origin_status

Тип столбца Описание
local_id oid (ссылается на pg_replication_origin .roident) внутренний идентификатор узла
external_id text (ссылается на pg_replication_origin .roname) внешний идентификатор узла
remote_lsn pg_lsn LSN исходного узла, до которого были реплицированы данные.
local_lsn pg_lsn LSN данного узла, с которым был реплицирован remote_lsn . Применяется при асинхронной фиксации для сброса на диск записей фиксации до сохранения данных.

51.80. pg_replication_slots

Представление pg_replication_slots содержит список всех слотов репликации, существующих в данный момент в кластере баз данных, а также их текущее состояние.

За дополнительной информацией о слотах репликации обратитесь к Подразделу 26.2.6 и Главе 48.

Таблица 51.81. Столбцы pg_replication_slots

Тип столбца Описание
slot_name name Уникальный в рамках кластера идентификатор для слота репликации
plugin name Базовое имя разделяемого объекта, содержащего модуль вывода, который используется этим логическим слотом, либо NULL для физических слотов.
slot_type text Тип слота: physical (физический) или logical (логический)
datoid oid (ссылается на pg_database .oid)

Тип столбца Описание
OID базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты.
database name (ссылается на pg_database .datname) Имя базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты.
temporary bool True, если это временный слот репликации. Временные слоты не сохраняются на диск и автоматически удаляются при ошибке или завершении сеанса.
active bool True, если слот активно используется в данный момент
active_pid int4 ID процесса сеанса, занимающего этот слот, если данный слот активно используется в данный момент. NULL, если он не используется.
xmin xid Старейшая транзакция, которая должна сохраняться в базе данных для этого слота. VACUUM не сможет удалять кортежи, удалённые более поздними транзакциями.
catalog_xmin xid Старейшая транзакция, затрагивающая системные каталоги, которая должна сохраняться в базе данных для этого слота. VACUUM не сможет удалять кортежи, удалённые более поздними транзакциями.
restart_lsn pg_lsn Адрес (LSN) старейшей записи в WAL, которая по-прежнему может быть нужна пользователям этого слота и поэтому не будет автоматически удаляться во время контрольной точки (при условии соблюдения ограничения max_slot_wal_keep_size). Принимает значение NULL, если LSN данного слота ещё не резервировался.
confirmed_flush_lsn pg_lsn Адрес (LSN), до которого потребитель логического слота подтвердил получение данных. Данные старее этого LSN уже недоступны. Для физических слотов — NULL.
wal_status text Состояние файлов WAL, нужных данному слоту. Возможные значения: • reserved (резерв) означает, что объём требуемых файлов вписывается в max_wal_size . • extended (превышение) означает, что предел max_wal_size превышен, но файлы всё ещё сохраняются, потому что вписываются в wal_keep_size или нужны слоту репликации. • unreserved (нет резерва) означает, что для слота больше не сохраняются требуемые файлы WAL и некоторые из них будут удалены при следующей контрольной точке. Это состояние может смениться на reserved или extended. • lost (потеря) означает, что какие-либо из нужных файлов WAL были удалены и данный слот уже нельзя использовать. Последние два значения можно увидеть только при неотрицательном значении max_slot_wal_keep_size.
safe_wal_size int8 Объём, который может быть записан в WAL, чтобы этот слот не оказался в состоянии «lost». Задаётся в байтах. Для потерянных слотов равен NULL, как и при max_slot_wal_keep_size равном -1.

51.81. pg_roles

Представление pg_roles открывает доступ к информации о ролях в базах данных. Это просто доступное для всех отображение каталога pg_authid, в котором очищено поле пароля.

Таблица 51.82. Столбцы pg_roles

Тип столбца Описание
rolname name Имя роли
rolsuper bool Роли имеет права суперпользователя
rolinherit bool Роль автоматически наследует права ролей, в которые она включена
rolcreaterole bool Роль может создавать другие роли
rolcreatedb bool Роль может создавать базы данных
rolcanlogin bool Роль может подключаться к серверу. То есть эта роль может быть указана в качестве начального идентификатора авторизации сеанса
rolreplication bool Роль является ролью репликации. Такие роли могут устанавливать соединения для репликации и создавать/удалять слоты репликации.
rolconnlimit int4 Для ролей, которые могут подключаться к серверу, это значение задаёт максимально разрешённое для этой роли число одновременных подключений. При значении -1 ограничения нет.
rolpassword text Не пароль (всегда выводится как ********)
rolvaliduntil timestamptz Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю); NULL, если срок действия не ограничен
rolbypassrls bool Роль не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.8.
rolconfig text[] Заданные для роли значения по умолчанию переменных времени конфигурации
oid oid (ссылается на pg_authid .oid) Идентификатор роли

51.82. pg_rules

Представление pg_rules открывает доступ к полезной информации о правилах перезаписи запросов.

Таблица 51.83. Столбцы pg_rules

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы, с которой связано это правило

Тип столбца Описание
rulename name (ссылается на pg_rewrite .rulename) Имя правила
definition text Определение правила (реконструированная команда создания)

Из представления pg_rules исключены правила ON SELECT для представлений и материализованных представлений; их можно увидеть в pg_views и pg_matviews.

51.83. pg_seclabels

Представление pg_seclabels содержит информацию о метках безопасности. Это более простая в использовании версия каталога pg_seclabel.

Таблица 51.84. Столбцы pg_seclabels

Тип столбца Описание
objoid oid (ссылается на какой-либо столбец OID) OID объекта, к которому относится эта метка безопасности
classoid oid (ссылается на pg_class .oid) OID системного каталога, к которому относится этот объект
objsubid int4 Для метки безопасности, связанной со столбцом таблицы, это номер столбца (objoid и classoid указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
objtype text Тип объекта, к которому применяется эта метка, в текстовом виде.
objnamespace oid (ссылается на pg_namespace .oid) OID пространства имён объекта, если применимо; иначе NULL.
objname text Имя объекта, к которому применяется эта метка, в текстовом виде.
provider text (ссылается на pg_seclabel .provider) Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.
label text (ссылается на pg_seclabel .label) Метка безопасности, применённая к этому объекту.

51.84. pg_sequences

Представление pg_sequences даёт доступ к полезной информации обо всех последовательностях в базе данных.

Таблица 51.85. Столбцы pg_sequences

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей последовательность
sequencename name (ссылается на pg_class .relname) Имя последовательности
sequenceowner name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя владельца последовательности

Тип столбца Описание
data_type regtype (ссылается на pg_type .oid) Тип данных последовательности
start_value int8 Начальное значение последовательности
min_value int8 Минимальное значение последовательности
max_value int8 Максимальное значение последовательности
increment_by int8 Шаг увеличения последовательности
cycle bool Зацикливается ли последовательность
cache_size int8 Размер кеша последовательности
last_value int8 Последнее значение последовательности, записанное на диск. Если используется кеширование, это значение может быть больше последнего значения, полученного из последовательности. Если к этой последовательности ещё не обращались, содержит NULL. Также содержит NULL, если текущий пользователь не имеет права USAGE или SELECT.

51.85. pg_settings

Представление pg_settings открывает доступ к параметрам времени выполнения сервера. По сути оно представляет собой альтернативный интерфейс для команд SHOW и SET. Оно также позволяет получить некоторые свойства каждого параметра, которые нельзя получить непосредственно, используя команду SHOW, например, минимальные и максимальные значения.

Таблица 51.86. Столбцы pg_settings

Тип столбца Описание
name text Имя параметра конфигурации времени выполнения
setting text Текущее значение параметра
unit text Неявно подразумеваемая единица измерения параметра
category text Логическая группа параметра
short_desc text Краткое описание параметра
extra_desc text Дополнительное, более подробное, описание параметра
context text Контекст, в котором может задаваться значение параметра (см. ниже)
vartype text Тип параметра (bool, enum, integer, real или string)
source text Источник текущего значения параметра

Тип столбца Описание
min_val text Минимальное допустимое значение параметра (NULL для нечисловых значений)
max_val text Максимально допустимое значение параметра (NULL для нечисловых значений)
enumvals text[] Допустимые значения параметра-перечисления (NULL для значений не перечислений)
boot_val text Значение параметра, устанавливаемое при запуске сервера, если параметр не устанавливается другим образом
reset_val text Значение, к которому будет сбрасывать параметр команда RESET в текущем сеансе
sourcefile text Файл конфигурации, в котором было задано текущее значение (NULL для значений, полученных не из файлов конфигурации, или при чтении этого поля пользователем, который не является суперпользователем или членом роли pg_read_all_settings); полезно при использовании указаний include в файлах конфигурации
sourceline int4 Номер строки в файле конфигурации, в которой было задано текущее значение (NULL для значений, полученных не из файлов конфигурации, или при чтении этого поля не суперпользователем и не членом роли pg_read_all_settings).
pending_restart bool true, если значение изменено в файле конфигурации, но требуется перезапуск; в противном случае — false.

Поле context может содержать одно из следующих значений (они перечислены в порядке уменьшения сложности изменения параметров):

internal

Эти параметры нельзя изменить непосредственно; они отражают значения, определяемые внутри системы. Некоторые из них можно изменить, пересобрав сервер с другими параметрами конфигурации, либо передав другие аргументы команде initdb.

postmaster

Эти параметры могут быть применены только при запуске сервера, так что любое изменение требует перезапуска сервера. Значения этих параметров обычно задаются в postgresql.conf, либо передаются в командной строке при запуске сервера. Разумеется, параметры более низкого уровня context также можно задать в момент запуска сервера.

sighup

Внесённые в postgresql.conf изменения этих параметров можно применить, не перезапуская сервер. Если передать управляющему процессу сигнал SIGHUP, он перечитает postgresql.conf и применит изменения. Управляющий процесс также перешлёт сигнал SIGHUP всем своим дочерним процессам, чтобы они тоже приняли новое значение.

superuser-backend

Внесённые в postgresql.conf изменения этих параметров можно применить без перезапуска сервера; их также можно задать для определённого сеанса в пакете запроса соединения (например, через переменную окружения PGOPTIONS, учитываемую библиотекой libpq), но сделать это может только суперпользователь. Однако эти параметры никогда не меняются в сеансе, когда он уже начат. Если вы измените их в postgresql.conf, отправьте сигнал SIGHUP управляющему процессу, чтобы он перечитал postgresql.conf. Новые значения подействуют только на сеансы, запускаемые после этого.

backend

Внесённые в postgresql.conf изменения этих параметров можно применить без перезапуска сервера; их также можно задать для определённого сеанса в пакете запроса соединения (например, через переменную окружения PGOPTIONS, учитываемую библиотекой libpq); это может сделать любой пользователь в своём сеансе. Однако эти параметры никогда не меняются в сеансе, когда он уже начат. Если вы измените их в postgresql.conf, отправьте сигнал SIGHUP управляющему процессу, чтобы он перечитал postgresql.conf. Новые значения подействуют только на сеансы, запускаемые после этого.

superuser

Эти параметры можно изменить в postgresql.conf, либо в рамках сеанса, командой SET; но только суперпользователи могут менять их, используя SET. Изменения в postgresql.conf будут отражены в существующих сеансах, только если в них командой SET не были заданы локальные значения.

user

Эти параметры можно задать в postgresql.conf, либо в рамках сеанса, командой SET. В рамках сеанса изменять их разрешено всем пользователям. Изменения в postgresql.conf будут отражены в существующих сеансах, только если в них командой SET не были заданы локальные значения.

Чтобы узнать больше о различных способах изменения этих параметров, обратитесь к Разделу 19.1.

Представление pg_settings не допускает добавление и удаление строк, но допускает изменение. Команда UPDATE, применённая к строке pg_settings, равнозначна выполнению команды SET для этого параметра. Изменение повлияет только на значение в текущем сеансе. Если UPDATE выполняется в транзакции, которая затем прерывается, эффект UPDATE пропадает, когда транзакция откатывается. После фиксирования окружающей транзакции этот эффект сохраняется до завершения сеанса, если он не будет переопределён другой командой UPDATE или SET.

51.86. pg_shadow

Представление pg_shadow существует для обратной совместимости: оно эмулирует каталог, существовавший в PostgreSQL до версии 8.1. В нём показываются свойства всех ролей с признаком rolcanlogin в pg_authid.

Такое имя («тень») объясняется тем фактом, что эта таблица не должна быть доступна на чтение всем, так как она содержит пароли. Представление pg_user является доступным всем отображением pg_shadow, в котором очищено поле пароля.

Таблица 51.87. Столбцы pg_shadow

Тип столбца Описание
usename name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя пользователя
usesysid oid (ссылается на pg_authid .oid) ID этого пользователя
usecreatedb bool Пользователь может создавать базы данных
usesuper bool Пользователь является суперпользователем

Тип столбца Описание
userepl bool Пользователь может инициировать потоковую репликацию, включать и отключать режим резервного копирования.
usebypassrls bool Пользователь не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.8.
passwd text Зашифрованный пароль; NULL, если он не задан. Подробнее хранение зашифрованных паролей описано в pg_authid .
valuntil timestamptz Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю)
useconfig text[] Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

51.87. pg_shmem_allocations

В представлении pg_shmem_allocations показываются блоки памяти, выделенные в основном сегменте общей памяти сервера. Сюда входят блоки, выделенные с использованием описанных в Подразделе 37.10.10 механизмов как для самого процесса postgres, так и для расширений.

Заметьте, что в этом представлении не показываются блоки, выделенные с использованием инфраструктуры динамической общей памяти.

Таблица 51.88. Столбцы pg_shmem_allocations

Тип столбца Описание
name text Имя блока в общей памяти. NULL, если этот блок памяти не используется, и <anonymous>, если это анонимный блок.
off int8 Смещение, с которого начинается выделенный блок. NULL, если это анонимный блок, так как дополнительной информации о таких блоках нет.
size int8 Размер блока
allocated_size int8 В размер блока включается размер выравнивающего дополнения. Для анонимных блоков информация о дополнении недоступна, поэтому значения в столбцах size и allocated_size всегда равны. Для освобождённой памяти объём дополнения не имеет смысла, так что эти столбцы тоже будут содержать одинаковые значения.

Анонимными считаются блоки, выделенные непосредственно функцией ShmemAlloc(), а не функцией ShmemInitStruct() или ShmemInitHash().

По умолчанию представление pg_shmem_allocations могут читать только суперпользователи.

51.88. pg_stats

Представление pg_stats открывает доступ к информации, хранящейся в каталоге pg_statistic. Это представление даёт доступ только к тем строкам каталога pg_statistic, что соответствуют таблицам, которые пользователь может читать; таким образом, это представление можно без опасений разрешить читать всем.

Кроме того, представление pg_stats специально разработано для подачи информации в более понятном виде, чем нижележащий каталог — ценой того, что схему представления приходится расширять всякий раз, когда для pg_statistic определяются новые типы слотов.

Таблица 51.89. Столбцы pg_stats

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы
attname name (ссылается на pg_attribute .attname) Имя столбца, описываемого этой строкой
inherited bool Если true, в данных этой строки учитываются значения в дочерних столбцах, а не только в указанной таблице
null_frac float4 Доля записей, в которых этот столбец содержит NULL
avg_width int4 Средний размер элементов в столбце, в байтах
n_distinct float4 Число больше нуля представляет примерное количество различных значений в столбце. Если это число меньше нуля, его модуль представляет количество различных значений, делённое на количество строк. (Отрицательная форма применяется, когда ANALYZE полагает, что число различных значений, скорее всего, будет расти по мере роста таблицы; положительная, когда в столбце, вероятно, будет фиксированное количество возможных значений.) Например, -1 указывает на столбец с уникальным содержимым, в котором количество различных значений совпадает с количеством строк.
most_common_vals anyarray Список самых частых значений в столбце. (NULL, если не находятся значения, встречающиеся чаще других.)
most_common_freqs float4[] Список частот самых частых значений, то есть число их вхождений, делённое на общее количество строк. (NULL, когда most_common_vals — NULL.)
histogram_bounds anyarray Список значений, разделяющих значения столбца на примерно одинаковые популяции. Значения most_common_vals , если они присутствуют, не рассматриваются при вычислении этой гистограммы. (Этот столбец содержит NULL, если для типа данных столбца не определён оператор <, либо если в most_common_vals перечисляется вся популяция.)
correlation float4 Статистическая корреляция между физическим порядком строк и логическим порядком значений столбца. Допустимые значения лежат в диапазоне -1 .. +1. Когда значение около -1 или +1, сканирование индекса по столбцу будет считаться дешевле, чем когда это значение около нуля, как результат уменьшения случайного доступа к диску. (Этот столбец содержит NULL, если для типа данных столбца не определён оператор <.)
most_common_elems anyarray Список элементов, отличных от NULL, наиболее часто присутствующих в значениях столбца. (NULL для скалярных типов.)
most_common_elem_freqs float4[] Список частот самых частых элементов, то есть доля строк, содержащих минимум один экземпляр данного значения. За частотами по элементам следуют два или три дополни-

Тип столбца Описание
тельных значения: минимум и максимум предшествующих частот по элементам и дополнительно частота элементов NULL. (Принимает значение NULL, когда most_common_elems — NULL.)
elem_count_histogram float4[] Гистограмма количеств различных и отличных от NULL элементов в значениях этого столбца, за которой следует среднее количество элементов, отличных от NULL. (Принимает значение NULL для скалярных типов.)

Максимальным числом записей в полях-массивах можно управлять на уровне столбцов, используя команду ALTER TABLE SET STATISTICS, или глобально, задав параметр времени выполнения default_statistics_target.

51.89. pg_stats_ext

Представление pg_stats_ext открывает доступ к информации в каталогах pg_statistic_ext и pg_statistic_ext_data. Это представление даёт доступ только к тем строкам pg_statistic_ext и pg_statistic_ext_data, что соответствуют таблицам, которые пользователь может читать: таким, образом это представление можно без опасений разрешить читать всем.

Кроме того, представление pg_stats_ext специально разработано для подачи информации в более понятном виде, чем нижележащие каталоги — ценой того, что его схему приходится расширять всякий раз, когда в pg_statistic_ext добавляются новые типы расширенной статистики.

Таблица 51.90. Столбцы pg_stats_ext

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы
statistics_schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей расширенную статистику
statistics_name name (ссылается на pg_statistic_ext .stxname) Имя расширенной статистики
statistics_owner name (ссылается на pg_authid .rolname) Владелец расширенной статистики
attnames name[] (ссылается на pg_attribute .attname) Имена столбцов, для которых определена данная расширенная статистика
kinds char[] Типы расширенной статистики, включённые для данной записи
n_distinct pg_ndistinct Количество различных комбинаций значений столбцов. Число больше нуля представляет примерное количество различных скомбинированных значений. Если это число меньше нуля, его модуль представляет количество различных значений, делённое на количество строк. (Отрицательная форма применяется, когда ANALYZE полагает, что число различных значений, скорее всего, будет расти по мере роста таблицы; положительная, когда в столбце, вероятно, будет фиксированное количество возможных значений.) Например, -1 указывает на такую комбинацию столбцов, в которой количество различных значений совпадает с количеством строк.
dependencies pg_dependencies

Тип столбца Описание
Статистика по функциональным зависимостям
most_common_vals text[] Список самых частых комбинаций значений в столбцах. (NULL, если не находятся комбинации, встречающиеся чаще других.)
most_common_val_nulls bool[] Список флагов NULL для самых частых комбинаций значений. (NULL, когда most_common_vals — NULL.)
most_common_freqs float8[] Список частот самых частых комбинаций, то есть число их вхождений, делённое на общее количество строк. (NULL, когда most_common_vals — NULL.)
most_common_base_freqs float8[] Список базовых частот самых частых комбинаций, то есть произведение частот отдельных значений. (NULL, когда most_common_vals — NULL.)

Максимальным числом записей в полях-массивах можно управлять на уровне столбцов, используя команду ALTER TABLE SET STATISTICS, или глобально, задав параметр времени выполнения default_statistics_target.

51.90. pg_tables

Представление pg_tables даёт доступ к полезной информации обо всех таблицах в базе данных.

Таблица 51.91. Столбцы pg_tables

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей таблицу
tablename name (ссылается на pg_class .relname) Имя таблицы
tableowner name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя владельца таблицы
tablespace name (ссылается на pg_tablespace .spcname) Имя табличного пространства, содержащего таблицу (NULL, если это пространство по умолчанию)
hasindexes bool (ссылается на pg_class .relhasindex) True, если эта таблица имеет (или недавно имела) индексы
hasrules bool (ссылается на pg_class .relhasrules) True, если для таблицы определены (или были определены) правила
hastriggers bool (ссылается на pg_class .relhastriggers) True, если для таблицы определены (или были определены) триггеры
rowsecurity bool (ссылается на pg_class .relrowsecurity) True, если для таблицы включена защита строк

51.91. pg_timezone_abbrevs

Представление pg_timezone_abbrevs содержит список аббревиатур часовых поясов, которые в настоящее время распознаются процедурами ввода даты/времени. Содержимое этого представления меняется при изменении параметра времени выполнения timezone_abbreviations.

Таблица 51.92. Столбцы pg_timezone_abbrevs

Тип столбца Описание
abbrev text Сокращение часового пояса
utc_offset interval Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича)
is_dst bool True, если эта аббревиатура задаёт летнее время

Большинство аббревиатур часовых поясов представляют фиксированные смещения от UTC, но в некоторые поясах смещение менялось в ходе истории (за подробностями обратитесь к Разделу B.4). В таких случаях данное представление отображает текущее значение.

51.92. pg_timezone_names

В представлении `pg_timezone_names` содержится список имён часовых поясов, распознаваемых командой `SET TIMEZONE`, вместе с соответствующими аббревиатурами, смещением UTC и статусом летнего времени. (Говоря технически строго, в PostgreSQL используется не UTC, так как не учитываются секунды координации.) В отличие от аббревиатур, представленных в `pg_timezone_abbrevs`, многие из этих имён подразумевают некоторый набор правил перехода на летнее время. Поэтому сопутствующая информация меняется при пересечении границ перехода на летнее время. Отображаемая информация вычисляется, исходя из текущего значения `CURRENT_TIMESTAMP`.

Таблица 51.93. Столбцы pg_timezone_names

Тип столбца Описание
name text Название часового пояса
abbrev text Сокращение часового пояса
utc_offset interval Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича)
is_dst bool True, если текущие данные отражают летнее время

51.93. pg_user

Представление `pg_user` открывает доступ к информации о пользователях базы данных. Это просто доступное для всех отображение представления `pg_shadow`, в котором очищено поле пароля.

Таблица 51.94. Столбцы pg_user

Тип столбца Описание
usename name Имя пользователя
usesysid oid ID этого пользователя
usecreatedb bool Пользователь может создавать базы данных
usesuper bool

Тип столбца Описание
Пользователь является суперпользователем
userepl bool Пользователь может инициировать потоковую репликацию, включать и отключать режим резервного копирования.
usebypassrls bool Пользователь не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.8.
passwd text Не пароль (всегда выводится как ********)
valuntil timestamptz Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю)
useconfig text[] Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

51.94. pg_user_mappings

Представление pg_user_mappings открывает доступ к информации о сопоставлениях пользователей. По сути это просто доступное для чтения всеми отображение pg_user_mapping, в котором поле параметров показывается, только если у пользователя есть права читать его.

Таблица 51.95. Столбцы pg_user_mappings

Тип столбца Описание
umid oid (ссылается на pg_user_mapping .oid) OID сопоставления пользователей
srvid oid (ссылается на pg_foreign_server .oid) OID стороннего сервера, содержащего это сопоставление
srvname name (ссылается на pg_foreign_server .srvname) Имя стороннего сервера
umuser oid (ссылается на pg_authid .oid) OID сопоставляемой локальной роли, либо 0, если сопоставление задаётся для всех
usename name Имя локального пользователя, для которого задано сопоставление
umoptions text[] Специальные параметры сопоставления пользователей, в виде строк «ключ=значение»

Для защиты информации о паролях, хранящейся в свойствах сопоставления пользователей, столбец umoptions при чтении будет содержать не NULL, если только выполняется одно из этих условий:

- текущий пользователь является объектом сопоставления и владельцем сервера или имеет право USAGE для него
- текущий пользователь является владельцем сервера и прочитывается сопоставление для PUBLIC
- текущий пользователь является суперпользователем

51.95. pg_views

Представление pg_views даёт доступ к полезной информации обо всех представлениях в базе данных.

Таблица 51.96. Столбцы pg_views

Тип столбца Описание
schemaname name (ссылается на pg_namespace .nspname) Имя схемы, содержащей представление
viewname name (ссылается на pg_class .relname) Имя представления
viewowner name (ссылается на pg_authid .rolname) Имя владельца представления
definition text Определение представления (реконструированный запрос SELECT)

Глава 52. Клиент-серверный протокол

Клиенты и серверы PostgreSQL взаимодействуют друг с другом, используя специальный протокол, основанный на сообщениях. Этот протокол поддерживается для соединений по TCP/IP и через Unix-сокеты. Для серверов, поддерживающих этот протокол, в IANA зарезервирован номер TCP-порта 5432, но на практике можно задействовать любой порт, не требующий особых привилегий.

В этой документации описана версия 3.0 этого протокола, реализованная в PostgreSQL версии 7.4 и новее. За описанием предыдущих версий протокола обратитесь к документации более ранних выпусков PostgreSQL. Один сервер способен поддерживать несколько версий протокола. Какую версию протокола пытается использовать клиент, сервер узнаёт из стартового сообщения при установлении соединения. Если старшая версия, запрашиваемая клиентом, не поддерживается сервером, соединение будет разорвано (например, это будет иметь место, если клиент запросит протокол версии 4.0, несуществующий на момент написания этого текста). Если младшая версия, запрашиваемая клиентом, не поддерживается сервером (например, клиент запросил версию 3.1, а сервер поддерживает только 3.0), сервер может либо разорвать соединение, либо ответить сообщением NegotiateProtocolVersion с указанием наибольшей младшей версии, которую он поддерживает. Затем клиент может решить либо продолжить установление соединения с указанной версией протокола, либо разорвать соединение.

Чтобы эффективно обслуживать множество клиентов, сервер запускает отдельный «обслуживающий» процесс для каждого клиента. В текущей реализации новый дочерний процесс запускается немедленно после обнаружения входящего подключения. Однако это происходит прозрачно для протокола. С точки зрения протокола, термины «обслуживающий процесс», «процесс заднего плана» и «сервер» взаимозаменяемы, как и «приложение переднего плана» и «клиент».

52.1. Обзор

В протоколе выделены отдельные фазы для запуска и обычной работы. На стадии запуска клиент устанавливает подключение к серверу и должен удовлетворить сервер, подтвердив свою подлинность. (Для этого может потребоваться одно или несколько сообщений, в зависимости от применяемого метода проверки подлинности.) Если всё проходит успешно, сервер сообщает клиенту о текущем состоянии, а затем переходит к обычной работе. Не считая начального стартового сообщения, в этой фазе протокола ведущую роль играет сервер.

В ходе обычной работы клиент передаёт запросы и другие команды серверу, а сервер возвращает результаты запросов и другие ответы. В некоторых случаях (например, с `NOTIFY`) сервер передаёт клиенту сообщения по своей инициативе, но по большей части эта фаза сеанса управляется запросами клиента.

Завершение сеанса обычно происходит по желанию клиента, но в некоторых случаях и сервер может принудительно завершить сеанс. В любом случае, когда сервер закрывает соединение, он предварительно откатывает любую открытую (незавершённую) транзакцию.

В процессе обычной работы команды SQL могут выполняться по одному из двух разделов протокола. При «простом» выполнении запросов клиент посылает текстовую строку запроса, которую сервер сразу же разбирает и выполняет. При «расширенном» выполнении запросов обработка разделяется на несколько этапов: разбор, привязывание значений параметров и исполнение. Это даёт дополнительную гибкость и может увеличить быстродействие ценой большей сложности.

При обычной работе также поддерживаются дополнительные разделы протокола для специальных операций, например `COPY`.

52.1.1. Обзор обмена сообщениями

Всё взаимодействие представляет собой поток сообщений. Первый байт сообщения определяет тип сообщения, а следующие четыре байта задают длину остального сообщения (эта длина включает размер самого поля длины, но не байт с типом сообщения). Остальное содержимое сообщения определяется его типом. По историческим причинам в самом первом сообщении, передаваемом клиентом, (стартовом сообщении) первый байт с типом сообщения отсутствует.

Чтобы не потерять синхронизацию в потоке сообщений, и серверы, и клиенты обычно считывают всё сообщение в буфер (его размер определяется счётчиком байт), прежде чем обрабатывать его содержимое. Это позволяет без труда продолжить работу, если возникает ошибка при разборе сообщения. В исключительных случаях (например, при нехватке памяти для помещения сообщения в буфер), счётчик байт помогает получателю определить, сколько поступающих байт нужно пропустить, прежде чем продолжать получать сообщения.

С другой стороны, и клиенты, и серверы, ни при каких условиях не должны передавать неполные сообщения. Чтобы этого не допустить, обычно всё сообщение сначала размещается в буфере, и только потом передаётся. Если в процессе отправки или получения сообщения происходит сбой передачи, единственным разумным вариантом продолжения будет прерывание соединения, так как вероятность восстановления синхронизации по границам сообщений в этой ситуации минимальна.

52.1.2. Обзор расширенного выполнения запросов

В расширенном протоколе запросов исполнение команд SQL разделяется на несколько этапов. Состояние между этапами представляется объектами двух типов: *подготовленные операторы* и *порталы*. Подготовленный оператор представляет собой результат разбора и семантического анализа текстовой строки запроса. Подготовленный оператор сам по себе не готов для исполнения, так как он может не иметь конкретных значений для *параметров*. Портал представляет собой готовый к исполнению или уже частично выполненный оператор, в котором заданы все недостающие значения параметров. (Для операторов `SELECT` портал равнозначен открытому курсору, но мы выбрали другой термин, так как курсоры неприменимы к операторам, отличным от `SELECT`.)

Общий цикл выполнения состоит из этапа *разбора*, на котором из текстовой строки запроса создаётся подготовленный оператор; этапа *привязки*, на котором из подготовленного оператора и значений для необходимых параметров создаётся портал; и этапа *выполнения*, на котором исполняется запрос портала. В случае запроса, возвращающего строки (`SELECT`, `SHOW` и т. д.), можно указать, чтобы за один шаг выполнения возвращалось только ограниченное число строк, так что для завершения операции понадобятся несколько шагов выполнения.

Сервер может контролировать одновременно несколько подготовленных операторов и порталов (но учтите, что они существуют только в рамках сеанса и никогда не разделяются между сеансами). Обращаться к подготовленным операторам и порталам можно по именам, которые назначаются им при создании. Кроме того, существуют и «безымянные» подготовленные операторы и порталы. Хотя они практически не отличаются от именованных объектов, операции с ними оптимизированы для разового выполнения запроса с последующим освобождением объекта, тогда как операции с именованными объектами оптимизируются в расчёте на многоразовое использование.

52.1.3. Форматы и коды форматов

Данные определённого типа могут передаваться в одном из нескольких различных *форматов*. С версии 7.4 PostgreSQL поддерживаются только текстовый («text») и двоичный («binary») форматы, но в протоколе предусмотрены возможности для расширения в будущем. Ожидаемый формат для любого значения задаётся *кодом формата*. Клиенты могут указывать код формата для каждого передаваемого значения параметра и для каждого столбца результата запроса. Текстовый формат имеет код ноль, двоичный — код один, а другие коды оставлены для определения в будущем.

Текстовым представлением значений будут строки, которые выдаются и принимаются функциями ввода/вывода определённого типа данных. В передаваемом представлении завершающий нулевой символ отсутствует, клиент должен добавить его сам, если хочет обрабатывать такое представление в виде строки C. (Собственно, данные в текстовом формате не могут содержать нулевые символы.)

В двоичном представлении целых чисел применяется сетевой порядок байт (наиболее значащий байт первый). Какое именно двоичное представление имеют другие типы данных, можно узнать в документации или исходном коде. Но учтите, что двоичное представление сложных типов данных может меняться от версии к версии сервера; с точки зрения портируемости обычно лучше текстовый формат.

52.2. Поток сообщений

В этом разделе описывается поток сообщений и семантика каждого типа сообщений. (Подробнее точное представление каждого сообщения описывается в Разделе 52.7.) В зависимости от состояния соединения выделяются несколько различных разделов протокола: запуск, выполнение запросов, вызов функции, копирование (`COPY`) и завершение. Есть также специальные средства для асинхронных операций (в частности, для уведомлений и отмены команд), которые могут выполняться в любой момент после этапа запуска.

52.2.1. Запуск

Чтобы начать сеанс, клиент открывает подключение к серверу и передаёт стартовое сообщение. В этом сообщении содержатся имена пользователя и базы данных, к которой пользователь хочет подключиться; в нём также определяется, какая именно версия протокола будет использоваться. (Стартовое сообщение также может содержать дополнительные значения для параметров времени выполнения.) Проанализировав эту информацию и содержимое своих файлов конфигурации (в частности, `pg_hba.conf`), сервер определяет, можно ли предварительно разрешить это подключение, и какая дополнительная проверка подлинности требуется.

Затем сервер отправляет соответствующее сообщение с запросом аутентификации, на которое клиент должен ответить сообщением, подтверждающим его подлинность (например, по паролю). Для всех методов аутентификации, за исключением GSSAPI, SSPI и SASL, может быть максимум один запрос и один ответ. Для некоторых методов ответ клиента вообще не требуется, так что запрос аутентификации также не передаётся. Методы GSSAPI, SSPI и SASL для прохождения проверки подлинности могут потребовать выполнить серию обменов пакетами.

Цикл аутентификации заканчивает сервер, либо запрещая соединение (ErrorResponse), либо принимая его (отправляя AuthenticationOk).

Сервер может передавать в этой фазе следующие сообщения:

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Попытка соединения была отвергнута. Сразу после этого сервер закрывает соединение.

AuthenticationOk (Аутентификация пройдена)

Обмен сообщениями для проверки подлинности завершён успешно.

AuthenticationKerberosV5 (Аутентификация Kerberos V5)

Клиент должен теперь принять участие в диалоге аутентификации по протоколу Kerberos V5 (здесь его детали не описывается, так как они относятся к спецификации Kerberos) с сервером. Если этот диалог завершается успешно, сервер отвечает AuthenticationOk, иначе — ErrorResponse. Этот вариант аутентификации больше не поддерживается.

AuthenticationCleartextPassword (Аутентификация с открытым паролем)

Клиент должен передать в ответ сообщение PasswordMessage, содержащее пароль в открытом виде. Если пароль правильный, сервер отвечает ему AuthenticationOk, иначе — ErrorResponse.

AuthenticationMD5Password (Аутентификация с паролем MD5)

Клиент должен передать в ответ сообщение PasswordMessage с результатом преобразования пароля (и имени пользователя) в хеш MD5 с последующим хешированием с четырёхбайтовым случайным значением соли, переданным в сообщении AuthenticationMD5Password. Если пароль правильный, сервер отвечает AuthenticationOk, иначе — ErrorResponse. Содержимое сообщения PasswordMessage можно вычислить в SQL как `concat('md5', md5(concat(md5(concat(password, username)), random-salt)))`. (Учтите, что функция `md5()` возвращает результат в виде шестнадцатеричной строки.)

AuthenticationSCMCredential (Аутентификация по учётным данным SCM)

Этот ответ возможен только для локальных подключений через Unix-сокеты на платформах, поддерживающих сообщения с учётными данными SCM. Клиент должен выдать сообщение с учётными данными SCM и дополнительно отправить один байт данных. (Содержимое этого байта не представляет интереса; его нужно передавать, только чтобы сервер дожидался сообщения с учётными данными.) Если сервер принимает учётные данные, он отвечает AuthenticationOk, иначе — ErrorResponse. (Этот тип сообщений выдают только серверы версии до 9.1. В конце концов он может быть исключён из спецификации протокола.)

AuthenticationGSS (Аутентификация GSS)

Клиент должен начать согласование GSSAPI. В ответ на это сообщение клиент отправляет GSSResponse с первой частью потока данных GSSAPI. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ AuthenticationGSSContinue.

AuthenticationSSPI (Аутентификация SSPI)

Клиент должен начать согласование SSPI. В ответ на это сообщение клиент отправляет GSSResponse с первой частью потока данных SSPI. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ AuthenticationGSSContinue.

AuthenticationGSSContinue (Продолжение аутентификации GSS)

Это сообщение содержит данные ответа на предыдущий шаг согласования GSSAPI или SSPI (AuthenticationGSS, AuthenticationSSPI или предыдущего AuthenticationGSSContinue). Если в структуре GSSAPI или SSPI в этом сообщении указывается, что для завершения аутентификации требуются дополнительные данные, клиент должен передать их в очередном сообщении GSSResponse. Если этим сообщением завершается проверка подлинности GSSAPI или SSPI, сервер затем передаёт AuthenticationOk, сообщая об успешной проверке подлинности, либо ErrorResponse, сообщая об ошибке.

AuthenticationSASL (Аутентификация SASL)

Клиент должен начать согласование SASL, используя один из механизмов SASL, перечисленных в сообщении. В ответ на это сообщение клиент отправляет SASLInitialResponse с именем выбранного механизма и первой частью потока данных SASL. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ AuthenticationSASLContinue. За подробностями обратитесь к Разделу 52.3.

AuthenticationSASLContinue (Продолжение аутентификации SASL)

Это сообщение содержит данные вызова с предыдущего шага согласования SASL (AuthenticationSASL или предыдущего AuthenticationSASLContinue). Клиент должен передать в ответ сообщение SASLResponse.

AuthenticationSASLFinal (Окончание аутентификации SASL)

Аутентификация SASL завершена с дополнительными данными для клиента, специфичными для механизма. Затем сервер передаст сообщение AuthenticationOk, говорящее об успешной аутентификации, или ErrorResponse, говорящее об ошибке. Данное сообщение передаётся, только если механизм SASL должен в завершение передать с сервера клиенту дополнительные специфичные данные.

NegotiateProtocolVersion

Сервер не поддерживает младшую версию протокола, запрошенную клиентом, но поддерживает более раннюю версию протокола; в этом сообщении указывается наибольшая поддерживаемая младшая версия. Это сообщение будет также передаваться, если клиент запросил в стартовом пакете неподдерживаемые параметры протокола (то есть, начинающиеся с `_pq_.`). За этим сообщением должен последовать или ответ ErrorResponse, или сообщение, говорящее об успехе или неудаче проверки подлинности.

Если клиент не поддерживает метод проверки подлинности, запрошенный сервером, он должен немедленно закрыть соединение.

Получив сообщение AuthenticationOk, клиент должен ждать дальнейших сообщений от сервера. В этой фазе запускается обслуживающий процесс, а клиент представляет собой просто заинтересованного наблюдателя. Попытка запуска может быть неудачной (и клиент получит ErrorResponse) либо сервер может отказать в поддержке запрошенной младшей версии протокола (NegotiateProtocolVersion), но в обычной ситуации обслуживающий процесс передаёт несколько сообщений ParameterStatus, BackendKeyData и, наконец, ReadyForQuery.

В ходе этой фазы обслуживающий процесс попытается применить все параметры времени выполнения, полученные в стартовом сообщении. Если это удастся, эти значения становятся сеансовыми значениями по умолчанию. При ошибке он передаёт ErrorResponse и завершается.

Обслуживающий процесс может передавать в этой фазе следующие сообщения:

BackendKeyData (Данные ключа сервера)

В этом сообщении передаётся секретный ключ, который клиент должен сохранить, чтобы впоследствии иметь возможность выполнять запросы. Клиент не должен отвечать на это сообщение, он должен дожидаться сообщения ReadyForQuery.

ParameterStatus (Состояние параметров)

Это сообщение говорит клиенту о текущих (начальных) значениях параметров обслуживающего процесса, например, client_encoding или DateStyle. Клиент может проигнорировать это сообщение или сохранить значения для дальнейшего использования; за дополнительными подробностями обратитесь к Подразделу 52.2.7. Клиент не должен отвечать на это сообщение, он должен дожидаться сообщения ReadyForQuery.

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Запуск завершён. Теперь клиент может выполнять команды.

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Запуск не удался. Соединение закрывается после передачи этого сообщения.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждающее сообщение. Клиент должен вывести это сообщение, но продолжать ожидать сообщения ReadyForQuery или ErrorResponse.

Сообщение ReadyForQuery в данной фазе ничем не отличается от сообщений, который передаёт сервер после каждого цикла команд. В зависимости от условий реализации клиента, можно воспринимать сообщение ReadyForQuery как начинающее цикл команд, либо как завершающее фазу запуска и каждый последующий цикл команд.

52.2.2. Простое выполнение запросов

Цикл простого выполнения запросов начинает клиент, передавая серверу сообщение Query. Это сообщение включает команду (или команды) SQL, выраженную в виде текстовой строки. В ответ сервер передаёт одно или несколько сообщений, в зависимости от строки запроса, и завершает цикл сообщением ReadyForQuery. ReadyForQuery говорит клиенту, что он может безопасно передавать новую команду. (На самом деле клиент может передать следующую команду, не дожидаясь ReadyForQuery, но тогда он сам должен разобраться в ситуации, когда первая команда завершается ошибкой, а последующая выполняется успешно.)

Сервер может передавать в этой фазе следующие ответные сообщения:

CommandComplete (Команда завершена)

Команда SQL выполнена нормально.

CopyInResponse (Ответ входящего копирования)

Сервер готов копировать данные, получаемые от клиента, в таблицу; см. Подраздел 52.2.6.

CopyOutResponse (Ответ исходящего копирования)

Сервер готов копировать данные из таблицы клиенту; см. Подраздел 52.2.6.

RowDescription (Описание строк)

Показывает, что в ответ на запрос `SELECT`, `FETCH` и т. п. будут возвращены строки. В содержимом этого сообщения описывается структура столбцов этих строк. За ним для каждой строки, возвращаемой клиенту, следует сообщение DataRow.

DataRow (Строка данных)

Одна строка из набора, возвращаемого запросом `SELECT`, `FETCH` и т. п.

EmptyQueryResponse (Ответ на пустой запрос)

Была принята пустая строка запроса.

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Произошла ошибка.

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Обработка строки запроса завершена. Чтобы отметить это, отправляется отдельное сообщение, так как строка запроса может содержать несколько команд SQL. (Сообщение CommandComplete говорит о завершении обработки одной команды SQL, а не всей строки.) ReadyForQuery передаётся всегда, и при успешном завершении обработки, и при ошибке.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждение, связанное с запросом. Эти замечания дополняют другие ответы, то есть сервер, выдавая их, продолжает обрабатывать команду.

Ответ на запрос `SELECT` (или другие запросы, возвращающие наборы строк, такие как `EXPLAIN` и `SHOW`) обычно состоит из RowDescription, нуля или нескольких сообщений DataRow, и завершающего CommandComplete. Для команды `COPY` с вводом или выводом данных через клиента, применяется специальный протокол, описанный в Подразделе 52.2.6. Со всеми другими типами запросами обычно выдаётся только сообщение CommandComplete.

Так как строка запроса может содержать несколько запросов (разделённых точкой с запятой), до завершения обработки всей строки сервер может передать несколько серий таких ответов. Когда сервер завершает обработку всей строки и готов принять следующую строку запроса, он выдаёт сообщение ReadyForQuery.

Если получена полностью пустая строка запроса (не содержащая ничего, кроме пробельных символов), ответом будет EmptyQueryResponse с последующим ReadyForQuery.

В случае ошибки выдаётся ErrorResponse с последующим ReadyForQuery. Сообщение ErrorResponse прерывает дальнейшую обработку строки запроса (даже если в ней остались другие запросы). Заметьте, что оно может быть выдано и в середине последовательности сообщений, выдаваемых в ответ на отдельный запрос.

В случае простого выполнения запросов получаемые значения всегда передаются в текстовом формате, за исключением результатов команды `FETCH` для курсора, объявленного с атрибутом `BINARY`. С такой командой значения передаются в двоичном формате. Какой именно формат используется, определяют коды формата, передаваемые в сообщении RowDescription.

Клиент должен быть готов принять сообщения ErrorResponse и NoticeResponse, ожидая любой другой тип сообщений. Также обратитесь к Подразделу 52.2.7 за информацией о сообщениях, которые сервер может выдавать в ответ на внешние события.

Код клиента рекомендуется реализовывать в виде конечного автомата, который в любой момент будет принимать сообщения всех типов, имеющих смысл на данном этапе, но не программировать жёстко обработку точной последовательности сообщений.

52.2.2.1. Несколько операторов в простом протоколе запросов

Когда простое сообщение Query содержит несколько SQL-операторов (разделённых точкой с запятой), эти операторы выполняются в одной транзакции, если только среди них нет явных команд управления транзакциями, меняющих это поведение. Например, если сообщение содержит

```
INSERT INTO mytable VALUES(1);
SELECT 1/0;
INSERT INTO mytable VALUES(2);
```

, то ошибка деления на ноль в `SELECT` приведёт к откату результата первого `INSERT`. Более того, вследствие прерывания обработки сообщения на первой ошибке, второй `INSERT` не будет выполняться вовсе.

Если же сообщение содержит:

```
BEGIN;
INSERT INTO mytable VALUES(1);
COMMIT;
INSERT INTO mytable VALUES(2);
SELECT 1/0;
```

результат первого `INSERT` фиксируется явной командой `COMMIT`. Второй `INSERT` и последующий `SELECT` будут так же обрабатываться в одной транзакции, поэтому ошибка деления на ноль приведёт к откату второго `INSERT`, и не затронет первый.

Для реализации этого поведения операторы в составном сообщении запроса выполняются в *неявном блоке транзакции*, если только в сообщении нет явного блока транзакции, в котором они должны выполняться. Основное отличие неявного блока транзакции от обычного состоит в том, что неявный блок автоматически закрывается в конце сообщения Query — либо неявно фиксируется при отсутствии ошибок, либо неявно откатывается в противном случае. Подобная неявная фиксация или отмена транзакции имеет место, когда оператор выполняется отдельно (вне блока транзакции).

Если в рамках сеанса уже начат блок транзакции (в результате выполнения оператора `BEGIN` из некоторого предыдущего сообщения), сообщение Query просто продолжает этот блок независимо от того, содержится ли в нём один оператор или несколько. Однако если сообщение Query содержит команду `COMMIT` или `ROLLBACK`, закрывающую существующий блок транзакций, то все последующие команды в нём выполняются в неявном блоке транзакции. И напротив, если составное сообщение Query содержит команду `BEGIN`, она начинает обычный блок транзакции, который будет закончен только явными командами `COMMIT` или `ROLLBACK`, в каком бы сообщении Query, текущем или последующих, они ни содержались. Если `BEGIN` следует за операторами, которые выполнялись в неявном блоке транзакции, эти операторы не фиксируются немедленно; они задним числом включаются в новый обычный блок транзакции.

Операторы `COMMIT` и `ROLLBACK`, фигурирующие в неявном блоке транзакции, выполняются как обычно, закрывая неявный блок; однако при этом будет выдано предупреждение, так как `COMMIT` или `ROLLBACK` без предшествующего `BEGIN` могут выполняться по ошибке. Если за этими операторами следуют другие, для них будет начат новый неявный блок транзакции.

Точки сохранения в неявных блоках транзакций не допускаются, так как они будут конфликтовать с правилом автоматического закрытия блока при любой ошибке.

Помните, что, вне зависимости от наличия любых команд управления транзакциями, выполнение сообщения Query останавливается при первой же ошибке. Таким образом, с данными командами:

```
BEGIN;
SELECT 1/0;
ROLLBACK;
```

в одном сообщении Query сеанс останется внутри прерванного обычного блока транзакции, так как команда `ROLLBACK` не достигается после ошибки деления на ноль. Для приведения сеанса в порядок потребуется выполнить ещё один `ROLLBACK`.

Также следует заметить, что первоначальный лексический и синтаксический анализ производится для всей строки запроса, прежде чем какая-либо её часть будет выполняться. Таким образом, простые ошибки (например, опечатка в ключевом слове) в последующих операторах могут привести к тому, что не будет выполнен и ни один из предшествующих операторов. Это обычно незаметно для пользователей, так как эти операторы откатились бы всё равно при выполнении в неявном блоке транзакции. Однако эта особенность может проявиться при попытке выполнить несколько транзакций в одном составном запросе. Например, если из-за опечатки предыдущий пример превратился в:

```
BEGIN;
INSERT INTO mytable VALUES(1);
COMMIT;
INSERT INTO mytable VALUES(2);
SELCT 1/0;
```

ни один из операторов не будет выполняться, и отличие проявится в том, что первый `INSERT` не будет зафиксирован. Ошибки, выявленные на стадии семантического анализа или позже, например, опечатки в имени таблиц или столбца, такого влияния на выполнение не оказывают.

Наконец, обратите внимание, что все операторы в сообщении Query учитывают одно и то же значение функции `statement_timestamp()`, поскольку данная временная метка обновляется только при получении сообщения Query. Это приводит к тому, что также учитывается одно и то же значение функции `transaction_timestamp()`, за исключением случаев, когда строка запроса завершает ранее начатую транзакцию и начинает новую.

52.2.3. Расширенное выполнение запросов

Расширенный протокол запросов разбивает вышеописанный простой протокол на несколько шагов. Результаты подготовительных шагов можно многократно использовать повторно для улучшения эффективности. Кроме того, он открывает дополнительные возможности, в частности, возможность передавать значения данных в отдельных параметрах вместо того, чтобы внедрять их непосредственно в строку запроса.

В расширенном протоколе клиент сначала передаёт сообщение Parse с текстовой строкой запроса и, возможно, некоторыми сведениями о типах параметров и именем целевого объекта подготовленного оператора (если имя пустое, создаётся безымянный подготовленный оператор). Ответом на это сообщение будет ParseComplete или ErrorResponse. Типы параметров указываются по OID; при отсутствии явного указания анализатор запроса пытается определить типы данных так же, как он делал бы для нетипизированных строковых констант.

Примечание

Тип данных параметра можно оставить неопределённым, задав для него значение ноль, либо сделав массив с OID типов параметров короче, чем набор символов параметров (`$n`), используемых в строке запроса. Другой особый случай — передача типа параметра как `void` (то есть передача OID псевдотипа `void`). Это предусмотрено для того, чтобы символы параметров можно было использовать для параметров функций, на самом деле представляющих собой параметры OUT. Обычно параметр `void` нельзя использовать ни в каком контексте, но если такой параметр фигурирует в списке параметров функции, он фактически игнорируется. Например, вызову функции `foo($1,$2,$3,$4)` может соответствовать функция с аргументами IN и двумя OUT, если аргументы `$3` и `$4` объявлены как имеющие тип `void`.

Примечание

Строка запроса, содержащаяся в сообщении Parse, не может содержать больше одного оператора SQL; иначе выдаётся синтаксическая ошибка. Это ограничение отсутствует в простом протоколе запросов, но присутствует в расширенном протоколе, так как добавление поддержки подготовленных операторов или порталов, содержащих несколько команд, неоправданно усложнило бы протокол.

В случае успешного создания именованный подготовленный оператор продолжает существовать до завершения текущего сеанса, если только он не будет уничтожен явно. Безымянный подготовленный оператор сохраняется только до следующей команды Parse, в которой целевым является безымянный оператор. (Заметьте, что простое сообщение Query также уничтожает безымянный оператор.) Именованные операторы должны явно закрываться, прежде чем их можно будет переопределить другим сообщением Parse, но для безымянных операторов это не требуется. Именованные подготовленные операторы также можно создавать и вызывать на уровне команд SQL, используя команды `PREPARE` и `EXECUTE`.

Когда подготовленный оператор существует, его можно подготовить к выполнению сообщением Bind. В сообщении Bind задаётся имя исходного подготовленного оператора (пустая строка подразумевает безымянный подготовленный оператор), имя целевого портала (пустая строка подразумевает безымянный портал) и значения для любых шаблонов параметров, представленных в подготовленном операторе. Набор передаваемых значений должен соответствовать набору параметров, требующихся для подготовленного оператора. (Если вы объявили параметры `void` в сообщении Parse, передайте для них значения NULL в сообщении Bind.) Bind также принимает указание формата для данных, возвращаемых в результате запроса; формат можно указать для всех данных, либо для отдельных столбцов. Ответом на это сообщение будет BindComplete или ErrorResponse.

Примечание

Выбор между текстовым и двоичным форматом вывода определяется кодами формата, передаваемыми в Bind, вне зависимости от команды SQL. При использовании расширенного протокола запросов атрибут `BINARY` в объявлении курсоров не имеет значения.

Планирование запроса обычно имеет место при обработке сообщения Bind. Если подготовленный оператор не имеет параметров, либо он выполняется многократно, сервер может сохранить созданный план и использовать его повторно при последующих сообщениях Bind для того же подготовленного оператора. Однако он будет делать это, только если решит, что можно получить универсальный план, который не будет значительно неэффективнее планов, зависящих от конкретных значений параметров. С точки зрения протокола это происходит незаметно.

В случае успешного создания объект именованного портала продолжает существование до конца текущей транзакции, если только он не будет уничтожен явно. Безымянный портал уничтожается в конце транзакции или при выполнении следующей команды Bind, в которой в качестве целевого выбирается безымянный портал. (Заметьте, что простое сообщение Query также уничтожает безымянный портал.) Именованные порталы должны явно закрываться, прежде чем их можно будет явно переопределить другим сообщением Bind, но это не требуется для безымянных порталов. Именованные порталы также можно создавать и вызывать на уровне команд SQL, используя команды `DECLARE CURSOR` и `FETCH`.

Когда портал существует, его можно запустить на выполнение сообщением Execute. В сообщении Execute указывается имя портала (пустая строка подразумевает безымянный портал) и максимальное число результирующих строк (ноль означает «выбрать все строки»). Число результирующих строк имеет значение только для порталов, которые содержат команды, возвращающие наборы строк; в других случаях команда всегда выполняется до завершения и число строк игнорируется. В ответ на Execute могут быть получены те же сообщения, что описаны выше для запросов, выполняемых через простой протокол, за исключением того, что после Execute не выдаются сообщения ReadyForQuery и RowDescription.

Если операция Execute оканчивается до завершения выполнения портала (из-за достижения ненулевого ограничения на число строк), сервер отправляет сообщение PortalSuspended; появление этого сообщения говорит клиенту о том, что для завершения операции с данным порталом нужно выдать ещё одно сообщение Execute. Сообщение CommandComplete, говорящее о завершении исходной команды SQL, не передаётся до завершения выполнения портала. Таким образом, фаза Execute всегда заканчивается при появлении одного из сообщений: CommandComplete, EmptyQueryResponse (если портал был создан из пустой строки запроса), ErrorResponse или PortalSuspended.

В конце каждой серии сообщений расширенного протокола запросов клиент должен выдать сообщение Sync. Получив это сообщение без параметров, сервер закрывает текущую транзакцию, если команды выполняются не внутри блока транзакции `BEGIN`/`COMMIT` (под «закрытием» понимается фиксация при отсутствии ошибок или откат в противном случае). Затем он выдаёт ответ ReadyForQuery. Целью сообщения Sync является обозначение точки синхронизации для восстановления в случае ошибок. Если при обработке сообщений расширенного протокола запросов происходит ошибка, сервер выдаёт ErrorResponse, затем считывает и пропускает сообщения до Sync, после чего выдаёт ReadyForQuery и возвращается к обычной обработке сообщений. (Но заметьте, что он не будет пропускать следующие сообщения, если ошибка происходит *в процессе* обработки Sync — это гарантирует, что для каждого Sync будет передаваться в точности одно сообщение ReadyForQuery.)

Примечание

Сообщение Sync не приводит к закрытию блока транзакции, открытого командой `BEGIN`. Выявить эту ситуацию можно, используя информацию о состоянии транзакции, содержащуюся в сообщении ReadyForQuery.

В дополнение к этим фундаментальным и обязательным операциям, расширенный протокол запросов позволяет выполнить и несколько дополнительных операций.

В сообщении Describe (в вариации для портала) задаётся имя существующего портала (пустая строка обозначает безымянный портал). В ответ передаётся сообщение RowDescription, описывающее строки, которые будут возвращены при выполнении портала; либо сообщение NoData, если портал не содержит запроса, возвращающего строки; либо ErrorResponse, если такого портала нет.

В сообщении Describe (в вариации для оператора) задаётся имя существующего подготовленного оператора (пустая строка обозначает безымянный подготовленный оператор). В ответ передаётся сообщение ParameterDescription, описывающее параметры, требующиеся для оператора, за которым следует сообщение RowDescription, описывающее строки, которые будут возвращены, когда оператор будет собственно выполнен (или сообщение NoData, если оператор не возвратит строки). ErrorResponse выдаётся, если такой подготовленный оператор отсутствует. Заметьте, что так как команда Bind не выполнялась, сервер ещё не знает, в каком формате будут возвращаться столбцы; в этом случае поля кодов формата в сообщении RowDescription будут содержать нули.

Подсказка

В большинстве случаев клиент должен выдать ту или иную вариацию Describe, прежде чем выдавать Execute, чтобы понять, как интерпретировать результаты, которые он получит.

Сообщение Close закрывает существующий подготовленный оператор или портал и освобождает связанные ресурсы. При попытке выполнить Close для имени несуществующего портала или оператора ошибки не будет. Ответ на это сообщение обычно CloseComplete, но может быть и ErrorResponse, если при освобождении ресурсов возникают проблемы. Заметьте, что при закрытии подготовленного оператора неявно закрываются все открытые порталы, которые были получены из этого оператора.

Сообщение Flush не приводит к генерации каких-либо данных, а указывает серверу передать все данные, находящиеся в очереди в его буферах вывода. Сообщение Flush клиент должен отправлять после любой команды расширенного протокола запросов, кроме Sync, если он желает проанализировать результаты этой команды, прежде чем выдавать следующие команды. Без Flush сообщения, возвращаемые сервером, будут объединяться вместе в минимальное количество пакетов с целью уменьшения сетевого трафика.

> **Примечание**
>
> Простое сообщение Query примерно равнозначно последовательности сообщений Parse, Bind, Describe (для портала), Execute, Close, Sync, с использованием объектов подготовленного оператора и портала без имён и без параметров. Одно из отличий состоит в том, что такое сообщение может содержать в строке запроса несколько операторов SQL, для каждого из которых по очереди автоматически выполняется последовательность Bind/Describe/Execute. Другое отличие заключается в том, что в ответ на него не приходят сообщения ParseComplete, BindComplete, CloseComplete или NoData.

52.2.4. Конвейеризация

Расширенный протокол запросов позволяет использовать *конвейеризацию*, то есть отправлять серию запросов, не ожидая завершения каждого предыдущего. При этом уменьшается количество сетевых операций, необходимых для выполнения данной последовательности запросов. Однако пользователь должен тщательно продумывать поведение в случае сбоя одного из шагов, поскольку последующие запросы уже будут отправлены на сервер.

Например, можно объединить всю последовательность запросов в одну транзакцию, заключив её в `BEGIN` ... `COMMIT`. Однако если какие-то команды должны выполняться независимо от остальных, этот способ не подходит.

Расширенный протокол запросов позволяет реализовать поведение в случае ошибки по-другому, исключив передачу сообщений Sync между зависимыми шагами. Поскольку после ошибки сервер пропускает командные сообщения до тех пор, пока не получит Sync, более поздние команды в конвейере автоматически пропускаются при сбое более ранней, при этом клиенту не нужно явно управлять этим с помощью `BEGIN` и `COMMIT`. Сегменты конвейера, фиксируемые независимо, можно разделять сообщениями Sync.

Если клиент не передаёт команду `BEGIN` явно, то каждое сообщение Sync обычно вызывает неявное выполнение `COMMIT` в случае успешного завершения предыдущих шагов или `ROLLBACK` в случае сбоя. Однако есть несколько команд DDL (например, `CREATE DATABASE`), которые нельзя выполнить внутри блока транзакции. Если такая команда выполняется в конвейере, она успешно выполнится, только если будет первой. Кроме того, в случае успешного выполнения она вызовет немедленную фиксацию для сохранения согласованности базы данных. Таким образом, если сразу за ней отправить Sync, никаких дополнительных действий это сообщение не вызовет, кроме ответа ReadyForQuery.

Применяя этот метод, факт завершения конвейера нужно определять, подсчитывая сообщения ReadyForQuery и ожидая достижения количества отправленных сообщений Sync. Вариант с подсчётом сообщений о завершении команд ненадёжен, так как некоторые команды могут пропускаться, так что такие сообщения выдаваться не будут.

52.2.5. Вызов функций

Раздел протокола «Вызов функций» позволяет клиенту запросить непосредственный вызов любой функции, существующей в системном каталоге `pg_proc`. При этом клиент должен иметь право на выполнение этой функции.

> **Примечание**
>
> Этот раздел протокола считается устаревшим и в новом коде использовать его не следует. Примерно тот же результат можно получить, подготовив оператор с командой `SELECT`

> `function($1, ...)`. При таком подходе цикл вызова функции заменяется последовательностью Bind/Execute.

Цикл вызова функции начинает клиент, передавая серверу сообщение FunctionCall. Сервер возвращает одно или несколько сообщений ответа, в зависимости от результата вызова функции, и завершающее сообщение ReadyForQuery. ReadyForQuery говорит клиенту, что он может свободно передавать новый запрос или вызов функции.

Сервер может передавать в этой фазе следующие ответные сообщения:

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Произошла ошибка.

FunctionCallResponse (Ответ на вызов функции)

Вызов функции завершён и в этом сообщении передаётся её результат. (Заметьте, что протокол вызова функций позволяет выдать только один скалярный результат, но не кортеж или набор результатов.)

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Обработка вызова функции завершена. В ответ всегда передаётся ReadyForQuery, независимо от того, была ли функция выполнена успешно или с ошибкой.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждение, связанное с вызовом функции. Эти замечания дополняют другие ответы, то есть сервер, выдавая их, продолжает обрабатывать вызов.

52.2.6. Операции COPY

Команда `COPY` позволяет обеспечить скоростную передачу данных на сервер или с сервера. Операции входящего и исходящего копирования переключают соединение на использование отдельного раздела протокола, которое завершается только в конце операции.

Режим входящего копирования (передача данных на сервер) включается, когда клиент выполняет SQL-оператор `COPY FROM STDIN`. Переходя в этот режим, сервер передаёт клиенту сообщение CopyInResponse. После этого клиент должен передать ноль или более сообщений CopyData, образующих поток входных данных. (При этом границы сообщений не обязательно должны совпадать с границами строк данных, хотя часто имеет смысл выровнять их.) Клиент может завершить режим входящего копирования, передав либо сообщение CopyDone (говорящее об успешном завершении), либо CopyFail (которое приведёт к завершению SQL-оператора `COPY` с ошибкой). При этом сервер вернётся в обычный режим обработки, в котором он находился до выполнения команды `COPY` (это может быть простой или расширенный протокол запросов). Затем он отправит сообщение CommandComplete (в случае успешного завершения) или ErrorResponse (в противном случае).

В случае возникновения ошибки в режиме входящего копирования (включая получение сообщения CopyFail), сервер выдаёт сообщение ErrorResponse. Если команда `COPY` была получена в сообщении расширенного запроса, сервер не будет обрабатывать последующие сообщения клиента, пока не получит сообщение Sync, после которого он выдаст ReadyForQuery и вернётся в обычный режим работы. Если команда `COPY` была получена в сообщении простого запроса, остальная часть сообщения игнорируется и сразу выдаётся ReadyForQuery. В любом случае все последующие сообщения CopyData, CopyDone или CopyFail, поступающие от клиента, будут просто игнорироваться.

В режиме входящего копирования сервер игнорирует поступающие сообщения Flush и Sync. При поступлении сообщений любого другого типа, не связанного с копированием, возникает ошибка, приводящая к прерыванию режима входящего копирования, как описано выше. (Исключение для сообщений Flush и Sync сделано для удобства клиентских библиотек, которые всегда передают Flush или Sync после сообщения Execute, не проверяя, не запускается ли в нём команда `COPY FROM STDIN`.)

Режим исходящего копирования (передача данных с сервера) включается, когда клиент выполняет SQL-оператор `COPY TO STDOUT`. Переходя в этот режим, сервер передаёт клиенту сообщение CopyOutResponse, за ним ноль или более сообщений CopyData (всегда одно сообщение для каждой строки) и в завершение CopyDone. Затем сервер возвращается в обычный режим обработки, в котором он находился до выполнения команды `COPY`, и передаёт CommandComplete. Клиент не может прервать передачу (кроме как закрыв соединение или выдав запрос Cancel), но он может игнорировать ненужные ему сообщения CopyData и CopyDone.

В случае обнаружения ошибки в режиме исходящего копирования, сервер выдаёт сообщение ErrorResponse и возвращается к обычной обработке. Клиент должен воспринимать поступление ErrorResponse как завершение режима исходящего копирования.

Между сообщениями CopyData могут поступать сообщения NoticeResponse и ParameterStatus; клиенты должны обрабатывать их и быть готовы принимать и другие типы асинхронных сообщений (см. Подраздел 52.2.7). В остальном, сообщения любых типов, кроме CopyData и CopyDone, могут восприниматься как завершающие режим исходящего копирования.

Есть ещё один режим копирования, называемый двусторонним копированием и обеспечивающий высокоскоростную передачу данных на *и* с сервера. Двустороннее копирование запускается, когда клиент в режиме walsender выполняет оператор `START_REPLICATION`. В ответ сервер передаёт клиенту сообщение CopyBothResponse. Затем и сервер, и клиент могут передавать друг другу сообщения CopyData, пока кто-то из них не завершит передачу сообщением CopyDone. Когда сообщение CopyDone передаёт клиент, соединение переходит из режима двустороннего в режим исходящего копирования и клиент больше не может передавать сообщения CopyData. Аналогично, когда сообщение CopyDone передаёт сервер, соединение переходит в режим входящего копирования и сервер больше не может передавать сообщения CopyData. Когда сообщения CopyDone переданы обеими сторонами, режим копирования завершается и сервер возвращается в режим обработки команд. В случае обнаружения ошибки на стороне сервера в режиме двустороннего копирования, сервер выдаёт сообщение ErrorResponse, пропускает следующие сообщения клиента, пока не будет получено сообщение Sync, а затем выдаёт ReadyForQuery и возвращается к обычной обработке. Клиент должен воспринимать получение ErrorResponse как завершение двустороннего копирования; в этом случае сообщение CopyDone посылаться не должно. За дополнительной информацией о разделе протокола, управляющем двусторонним копированием, обратитесь к Разделу 52.4.

Сообщения CopyInResponse, CopyOutResponse и CopyBothResponse содержат поля, из которых клиент может узнать количество столбцов в строке и код формата для каждого столбца. (В текущей реализации для всех столбцов в заданной операции `COPY` устанавливается один формат, но в конструкции сообщения это не заложено.)

52.2.7. Асинхронные операции

Возможны ситуации, в которых сервер будет отправлять клиенту сообщения, не предполагаемые потоком команд в текущем режиме. Клиенты должны быть готовы принять эти сообщения в любой момент, даже не в процессе выполнения запроса. Как минимум, следует проверять такие сообщения, прежде чем начинать читать ответ на запрос.

Сообщения NoticeResponse могут выдаваться вследствие внешней активности; например, если администратор инициирует «быстрое» отключение баз данных, сервер отправит NoticeResponse, сигнализирующее об этом факте, прежде чем закрывать соединение. Соответственно, клиенты должны быть готовы всегда принять и вывести сообщения NoticeResponse, даже когда соединение фактически простаивает.

Сообщения ParameterStatus будут выдаваться всякий раз, когда меняется действующее значение одного из параметров, об изменении которых, по мнению сервера, должен знать клиент. Чаще всего это происходит в ответ на SQL-команду `SET`, выполняемую клиентом и в таком случае это сообщение по сути синхронно — но состояние параметров может меняться и когда администратор изменяет файл конфигурации, а затем посылает серверу сигнал SIGHUP. Также, если действие команды `SET` отменяется, клиенту передаётся сообщение ParameterStatus, в котором отражается текущее значение параметра.

В настоящее время есть жёстко зафиксированный набор параметров, при изменении которых выдаётся ParameterStatus: `server_version`, `server_encoding`, `client_encoding`, `application_name`, `is_superuser`, `session_authorization`, `DateStyle`, `IntervalStyle`, `TimeZone`, `integer_datetimes` и `standard_conforming_strings`. (`server_encoding`, `TimeZone` и `integer_datetimes` не отслеживались до версии 8.0; `standard_conforming_strings` не отслеживался до 8.1; `IntervalStyle` — до версии 8.4; `application_name` — до версии 9.0.) Заметьте, что `server_version`, `server_encoding` и `integer_datetimes` — это псевдопараметры, которые не могут меняться после запуска сервера. Этот набор может быть изменён в будущем или даже будет настраиваемым. Соответственно, клиент может просто игнорировать сообщения ParameterStatus для параметров, которые ему неизвестны или не представляют интереса.

Если клиент выполняет команду `LISTEN`, сервер будет передавать ему сообщения NotificationResponse (не путайте с NoticeResponse!), когда для канала с тем же именем затем будет выполняться команда `NOTIFY`.

> **Примечание**
>
> В настоящее время, сообщение NotificationResponse может быть передано только вне транзакции, так что оно не может оказаться в середине серии ответов на команду, хотя может поступить сразу после ReadyForQuery. Однако полагаться на это при проектировании логики клиента неразумно. Лучше разработать код так, чтобы NotificationResponse могло быть принято в любой фазе протокола.

52.2.8. Отмена выполняющихся запросов

В процессе обработки запроса клиент может запросить отмену этого запроса. Запрос отмены не передаётся серверу непосредственно через открытое соединение из соображений эффективности: мы не хотим, чтобы сервер постоянно проверял поступающие от клиента сообщения в процессе выполнения запроса. Запросы отмены должны быть относительно редкими, поэтому мы выбрали для них не самый простой путь во избежание негативного влияния на обычный режим работы.

Чтобы запросить отмену запроса, клиент должен установить новое подключение к серверу и отправить ему сообщение CancelRequest, вместо StartupMessage, обычно передаваемого при установлении нового подключения. Сервер обработает полученную команду и закроет это подключение. По соображениям безопасности сервер не отвечает непосредственно на сообщение с запросом отмены.

Сообщение CancelRequest обрабатывается, только если оно содержит те же ключевые данные (PID и секретный ключ), что были переданы клиенту при запуске. Если PID и секретный ключ в запросе соответствуют данным выполняющегося в данный момент обслуживающего процесса, обработка текущего запроса в нём прерывается. (В существующей реализации это осуществляется путём передачи специального сигнала данному обслуживающему процессу.)

Сигнал отмены может подействовать, а может и не подействовать (например, если он поступит после того, как сервер завершит обработку запроса). Если отмена действительно происходит, текущая команда прерывается досрочно с сообщением об ошибке.

Вследствие такой организации, объясняемой соображениями безопасности и эффективности, клиент не может непосредственно определить, был ли запрос отмены успешен. Он должен продолжать ожидать ответа сервера на исходный запрос. Запрос отмены просто увеличивает вероятность того, что текущий запрос завершится быстрее, как и вероятность того, что он будет завершён не успешно, а с ошибкой.

Так как запрос отмены передаётся серверу через новое подключение к серверу, а не через обычный канал связи клиент-сервер, такие запросы могут выдавать любые процессы, а не только клиентский процесс, запрос которого требуется отменить. Это может дать дополнительную гибкость при построении многопроцессных приложений. Это также представляет собой угрозу безопасности, так как попытаться отменить запросы могут и неавторизованные пользователи. Для ликвидации этой угрозы в запросах отмены требуется передавать динамически генерируемый секретный ключ.

52.2.9. Завершение

Обычная процедура мягкого завершения заключается в том, что клиент отправляет сообщение Terminate и немедленно закрывает соединение. Получая это сообщение, обслуживающий процесс закрывает соединение и завершается.

В редких случаях (например, при отключении базы данных по команде администратора) обслуживающий процесс может отключиться, даже если клиент не запрашивает этого. В таких случаях, перед тем, как закрыть соединение, этот процесс пытается передать сообщение с ошибкой или уведомлением, в котором будет указана причина отключения.

Другие сценарии завершения возникают с различными вариантами отказа, например, при критическом сбое с дампом памяти на одной или другой стороне, при потере канала соединения, потере синхронизации по границам сообщений и т. д. Если клиент или сервер обнаруживает, что соединение было неожиданно закрыто, он должен очистить ресурсы и завершиться. Клиент при этом может запустить новый обслуживающий процесс, переподключившись к серверу, если он сам хочет продолжать работу. Закрывать соединение также рекомендуется при получении сообщений нераспознанного типа, так как это может быть признаком потери синхронизации по границам сообщений.

При штатном или нештатном завершении сеанса любая открытая транзакция откатывается, а не фиксируется. Однако следует заметить, что при отключении клиента в процессе обработки запроса, отличного от `SELECT`, обслуживающий процесс вероятнее всего завершит запрос, прежде чем заметит отключение. Если запрос выполняется не в блоке транзакции (вне последовательности `BEGIN` ... `COMMIT`), его результаты могут быть зафиксированы до того, как будет обнаружено отключение.

52.2.10. Защита сеанса с SSL

Если PostgreSQL был собран с поддержкой SSL, взаимодействие клиента с сервером может быть зашифровано с применением SSL. Это обеспечивает защиту на уровне канала в среде, где злоумышленники могут перехватить трафик сеанса. За дополнительными сведениями о шифровании трафика сеансов PostgreSQL с использованием SSL обратитесь к Разделу 18.9.

Чтобы начать сеанс с SSL-шифрованием, клиент передаёт серверу вместо StartupMessage сообщение SSLRequest. В ответ сервер передаёт один байт, содержащий символ `S` или `N`, показывающий, что он желает, либо не желает включать SSL, соответственно. Если клиент не удовлетворён ответом, он может закрыть соединение на этом этапе. Чтобы продолжить установление соединения после получения `S`, он выполняет начальное согласование SSL с сервером (не описывается здесь, так как относится к протоколу SSL). Если эта процедура выполняется успешно, он продолжает соединение, передавая обычное сообщение StartupMessage. При этом StartupMessage и все последующие данные будут защищены SSL-шифрованием. Чтобы продолжить после получения `N`, клиент может передать обычное сообщение StartupMessage и дальше взаимодействовать с сервером без шифрования. (Клиент также может выдать сообщение GSSENCRequest после получения `N` и попытаться использовать шифрование GSSAPI вместо SSL.)

Клиент также должен быть готов обработать сообщение ErrorMessage, полученное от сервера в ответ на SSLRequest. Клиент не должен показывать эту ошибку пользователю/в приложении, поскольку сервер не был аутентифицирован (*CVE-2024-10977*). В этом случае соединение должно быть закрыто, но клиент может решить открыть новое соединение, не запрашивая SSL.

Когда SSL-шифрование может быть включено, ожидается, что сервер передаст только один байт, содержащий символ `S`, а затем будет ожидать от клиента начала согласования SSL. Если на этом этапе доступны для чтения дополнительные байты, это может означать, что злоумышленник пытается выполнить атаку с переполнением буфера (*CVE-2021-23222*). Код на стороне клиента должен либо прочитать ровно один байт, а затем передать сокет библиотеке SSL, либо, если были прочитаны дополнительные байты, считать это нарушением протокола.

Начальный запрос SSLRequest может также передаваться при установлении соединения, открываемого для передачи сообщения CancelRequest.

Так как в самом протоколе не предусмотрено принудительное включение SSL-шифрования сервером, администратор может настроить сервер так, чтобы в качестве дополнительного условия при проверке подлинности клиента он не принимал незашифрованные сеансы.

52.2.11. Защита сеанса с GSSAPI

Если PostgreSQL был собран с поддержкой GSSAPI, взаимодействие клиента с сервером может быть зашифровано с применением GSSAPI. Это обеспечивает защиту на уровне канала в среде, где злоумышленники могут перехватить трафик сеанса. За дополнительными сведениями о шифровании трафика сеансов PostgreSQL с использованием GSSAPI обратитесь к Разделу 18.10.

Чтобы установить соединение, зашифрованное GSSAPI, клиент вначале посылает сообщение GSSENCRequest, а не StartupMessage. Сервер в ответ передаёт один байт с буквой `G` или `N`, показывающей соответственно, желает ли он использовать шифрование GSSAPI или нет. Клиент может закрыть соединение в этот момент, если ответ его не устраивает. Чтобы продолжить после варианта `G`, используя GSSAPI на уровне C в соответствии со стандартом RFC2744 или равнозначным, выполните инициализацию GSSAPI, вызывая `gss_init_sec_context()` в цикле и отправляя результат на сервер, сначала без входных данных, а затем для всех поступающих от сервера данных, пока они не закончатся. Передавая результаты `gss_init_sec_context()` серверу, добавьте перед сообщением его длину в виде четырёхбайтового целого в сетевом порядке байтов. Чтобы продолжить после получения `N`, клиент может передать обычное сообщение StartupMessage и дальше не использовать шифрование. (Клиент также может выдать сообщение SSLRequest после получения `N` и попытаться использовать шифрование SSL вместо GSSAPI.)

Клиент также должен быть готов обработать сообщение ErrorMessage, полученное от сервера в ответ на GSSENCRequest. Клиент не должен показывать эту ошибку пользователю/в приложении, поскольку сервер не был аутентифицирован (*CVE-2024-10977*). В этом случае соединение должно быть закрыто, но клиент может решить открыть новое соединение, не запрашивая шифрование GSSAPI.

Когда GSSAPI-шифрование может быть включено, ожидается, что сервер передаст только один байт, содержащий символ `G`, а затем будет ожидать от клиента согласование GSSAPI. Если на этом этапе доступны для чтения дополнительные байты, это может означать, что злоумышленник пытается выполнить атаку с переполнением буфера (*CVE-2021-23222*). Код на стороне клиента должен либо прочитать ровно один байт, а затем передать сокет библиотеке GSSAPI, либо, если были прочитаны дополнительные байты, считать это нарушением протокола.

Начальный запрос GSSENCRequest может также передаваться при установлении соединения, открываемого для передачи сообщения CancelRequest.

Когда шифрование GSSAPI установлено, используйте `gss_wrap()` для шифрования обычного сообщения StartupMessage и всех последующих данных. Перед собственно зашифрованным результатом добавьте его длину в виде четырёхбайтового целого в сетевом порядке байтов. Учтите, что сервер будет принимать от клиента зашифрованные пакеты, только если они меньше 16 КБ; чтобы определить, укладывается ли зашифрованное сообщение в это ограничение, клиенту следует использовать функцию `gss_wrap_size_limit()`, а чтобы разбить большие сообщения на части — последовательно вызывать `gss_wrap()`. Сегменты незашифрованных данных обычно имеют размер 8 КБ, поэтому зашифрованные пакеты оказываются немного больше 8 КБ, но вполне умещаются в 16 КБ. Можно ожидать, что сервер также не будет передавать клиенту зашифрованные пакеты размером больше 16 КБ.

Так как в самом протоколе не предусмотрено принудительное включение GSSAPI-шифрования сервером, администратор может настроить сервер так, чтобы в качестве дополнительного условия при проверке подлинности клиента он не принимал незашифрованные сеансы.

52.3. Аутентификация SASL

SASL — это инфраструктура аутентификации для протоколов, ориентированных на соединения. На данный момент PostgreSQL реализует два механизма SASL: SCRAM-SHA-256 и SCRAM-SHA-256-PLUS, а в будущем могут появиться и другие. Далее описывается, как в принципе осуществляется аутентификация SASL, а в следующем подразделе более подробно рассматриваются SCRAM-SHA-256 и SCRAM-SHA-256-PLUS.

Поток сообщений аутентификации SASL

1. Чтобы начать обмен по схеме аутентификации SASL, сервер передаёт сообщение AuthenticationSASL. Оно содержит список механизмов аутентификации SASL, с которыми может работать сервер, в порядке предпочтений сервера.
2. Клиент выбирает один из поддерживаемых механизмов из списка и передаёт серверу сообщение SASLInitialResponse. Это сообщение содержит имя выбранного механизма и может содержать «Начальный ответ клиента», если это использует выбранный механизм.
3. За этим следует одно или нескольких сообщений вызова со стороны сервера и ответов со стороны клиента. Все вызовы сервер передаёт в сообщениях AuthenticationSASLContinue, а клиент отвечает на них сообщениями SASLResponse. Частные детали сообщений зависят от конкретного механизма.
4. Наконец, когда обмен аутентификационной информацией заканчивается успешно, сервер передаёт сообщение AuthenticationSASLFinal и сразу за ним сообщение AuthenticationOk. В сообщении AuthenticationSASLFinal передаются дополнительные данные от сервера клиенту, содержимое которых определяется выбранным механизмом аутентификации. Если механизм аутентификации не требует передавать дополнительные данные в завершение обмена, сообщение AuthenticationSASLFinal опускается.

В случае ошибки сервер может прервать процесс аутентификации на любом этапе и передать сообщение ErrorMessage.

52.3.1. Аутентификация SCRAM-SHA-256

На данный момент реализованы два механизма SASL: `SCRAM-SHA-256` и его вариация со связыванием каналов, `SCRAM-SHA-256-PLUS`. Они подробно описываются в RFC 7677 и в RFC 5802.

Когда в PostgreSQL задействуется SCRAM-SHA-256, сервер игнорирует имя пользователя, которое клиент передаёт в `client-first-message`. Вместо этого используется имя, переданное ранее в стартовом сообщении. Согласно спецификации SCRAM, имя пользователя должно быть в UTF-8, но PostgreSQL поддерживает разные кодировки символов, и значит, имя пользователя PostgreSQL не всегда будет представимо в UTF-8.

В спецификации SCRAM говорится, что пароль также должен передаваться в UTF-8 и обрабатываться алгоритмом *SASLprep*. Однако PostgreSQL не требует, чтобы пароль представлялся в UTF-8. Когда устанавливается пароль пользователя, он обрабатывается алгоритмом SASLprep как пароль в UTF-8, вне зависимости от фактической кодировки. Однако если он представлен недопустимой для UTF-8 последовательностью байтов либо содержит комбинации байтов UTF-8, которые не принимает алгоритм SASLprep, это не будет считаться ошибкой — при аутентификации будет использоваться исходный пароль, без обработки SASLprep. Это позволяет нормализовать пароли, представленные в UTF-8, и при этом использовать пароли не в UTF-8, а также не требует, чтобы система знала, в какой кодировке задан пароль.

Связывание каналов поддерживается в PostgreSQL при сборке с использованием SSL. Для SCRAM со связыванием каналов в качестве имени механизма SASL выбрано `SCRAM-SHA-256-PLUS`. PostgreSQL использует тип связывания `tls-server-end-point`.

В SCRAM без связывания каналов сервер выбирает случайное число, которое передаётся клиенту для смешивания с введённым пользователем паролем и получения передаваемого в ответ хеша. Хотя это препятствует повторному воспроизведению пароля в последующем сеансе, поддельный сервер между настоящим сервером и клиентом может прозрачно передать случайное число сервера и затем успешно пройти аутентификацию.

SCRAM со связыванием каналов позволяет предотвратить такие атаки посредника, подмешивая подпись сертификата сервера в передаваемый хеш пароля. Хотя поддельный сервер может повторить передачу сертификата настоящего сервера, у него не будет доступа к закрытому ключу, соответствующему этому сертификату, поэтому он не сможет подтвердить, что является его владельцем, и, как следствие, установить SSL-соединение.

Пример

1. Сервер передаёт сообщение AuthenticationSASL. Оно содержит список механизмов аутентификации SASL, с которыми может работать сервер. Этот список будет включать `SCRAM-SHA-256-PLUS` и `SCRAM-SHA-256`, если сервер собран с поддержкой SSL, а иначе — только последнее значение.
2. Клиент в ответ передаёт сообщение SASLInitialResponse, информирующее о выбранном механизме, `SCRAM-SHA-256` или `SCRAM-SHA-256-PLUS`. (Клиент волен выбрать любой механизм, но для большей безопасности следует выбирать вариацию со связыванием каналов, если он это поддерживает.) В поле «Начальный ответ клиента» это сообщение содержит данные SCRAM `client-first-message`. В `client-first-message` содержится тип связывания каналов, выбранный клиентом.
3. Сервер передаёт сообщение AuthenticationSASLContinue, содержащее данные SCRAM `server-first-message`.
4. Клиент передаёт сообщение SASLResponse, содержащее данные SCRAM `client-final-message`.
5. Сервер передаёт сообщение AuthenticationSASLFinal, содержащее данные SCRAM `server-final-message`, и сразу за ним сообщение AuthenticationOk.

52.4. Протокол потоковой репликации

Чтобы инициировать потоковую репликацию, клиент передаёт в стартовом сообщении параметр `replication`. Логическое значение `true` (или `on`, `yes`, `1`) этого параметра указывает обслуживающему процессу перейти в режим передатчика данных физической репликации. В этом режиме вместо SQL-операторов клиент может выдавать только ограниченный набор команд репликации, показанный ниже.

Если параметр `replication` имеет значение `database`, обслуживающий процесс должен перейти в режим передатчика данных логической репликации. При этом выполняется подключение к базе данных, заданной в параметре `dbname`. В режиме логической репликации могут выполняться как команды репликации, показанные ниже, так и обычные SQL-команды.

В режиме передачи данных физической или логической репликации может использоваться только простой протокол запросов.

Для тестирования команд репликации вы можете установить соединение для репликации, запустив psql или другую программу на базе libpq со строкой подключения, включающей параметр `replication`, например так:

```
psql "dbname=postgres replication=database" -c "IDENTIFY_SYSTEM;"
```

Однако часто полезнее использовать pg_receivewal (для физической репликации) или pg_recvlogical (для логической).

Команды репликации записываются в журнал работы сервера, когда включён параметр log_replication_commands.

В режиме репликации принимаются следующие команды:

`IDENTIFY_SYSTEM`

Запрашивает идентификационные данные сервера. Сервер возвращает набор результатов с одной строкой, содержащей четыре поля:

`systemid` (`text`)

Уникальный идентификатор системы, идентифицирующий кластер. По нему можно определить, что базовая резервная копия, из которой инициализировался резервный сервер, получена из того же кластера.

`timeline` (`int4`)

Идентификатор текущей линии времени. Также полезен для того, чтобы убедиться, что резервный сервер согласован с главным.

`xlogpos` (`text`)

Текущее положение сохранённых данных в WAL. Позволяет узнать, с какой позиции в журнале предзаписи может начаться потоковая передача.

`dbname` (`text`)

Подключённая база данных или NULL.

`SHOW` *`имя`*

Запрашивает у сервера текущее значение параметра времени выполнения. Эта команда подобна SQL-команде SHOW.

`имя`

Имя параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19.

`TIMELINE_HISTORY` *`лин_врем`*

Запрашивает с сервера файл истории для линии времени *`лин_врем`*. Сервер возвращает набор результатов в одной строке, содержащей два поля. Эти поля обозначены как имеющие типы `text` и `bytea`, но фактически они содержат просто байты, не в текстовой кодировке и без экранирования:

`filename` (`text`)

Имя файла с историей линии времени, например `00000002.history`.

`content` (`bytea`)

Содержимое файла с историей линией времени.

`CREATE_REPLICATION_SLOT` *`имя_слота`* [`TEMPORARY`] { `PHYSICAL` [`RESERVE_WAL`] | `LOGICAL` *`модуль_вывода`* [`EXPORT_SNAPSHOT` | `NOEXPORT_SNAPSHOT` | `USE_SNAPSHOT`] }

Создаёт слот физической или логической репликации. Слоты репликации описаны подробно в Подразделе 26.2.6.

`имя_слота`

Имя создаваемого слота. Заданное имя должно быть допустимым для слота репликации (см. Подраздел 26.2.6.1).

`модуль_вывода`

Имя модуля вывода, применяемого для логического декодирования (см. Раздел 48.6).

`TEMPORARY`

Это указание отмечает, что данный слот репликации является временным. Временные слоты не сохраняются на диске и автоматически удаляются при ошибке или завершении сеанса.

RESERVE_WAL

Указывает, что этот слот физической репликации резервирует WAL немедленно. Без этого указания WAL резервируется только при подключении клиента потоковой репликации.

EXPORT_SNAPSHOT
NOEXPORT_SNAPSHOT
USE_SNAPSHOT

Эти указания выбирают, что делать со снимком, создаваемым при инициализации логического слота. С указанием EXPORT_SNAPSHOT, подразумеваемым по умолчанию, этот снимок будет экспортироваться для использования в других сеансах. Это указание нельзя использовать внутри транзакции. С указанием USE_SNAPSHOT снимок будет использоваться для текущей транзакции, в которой выполняется команда. Это указание должно использоваться в транзакции, при этом команда CREATE_REPLICATION_SLOT должна быть первой в этой транзакции. Наконец, с NOEXPORT_SNAPSHOT снимок будет использоваться только для логического декодирования в обычном режиме, но ничего больше с ним делать нельзя.

В ответ на эту команду сервер передаст набор результатов с одной строкой, содержащей следующие поля:

slot_name (text)

Имя создаваемого слота репликации.

consistent_point (text)

Позиция в WAL, в которой слот достиг согласованного состояния. Это самая ранняя позиция, с которой может начаться трансляция через этот слот репликации.

snapshot_name (text)

Идентификатор снимка, экспортированного командой. Этот снимок действителен до тех пор, пока через это соединение не будет выполнена следующая команда или соединение не будет закрыто. Null, если созданный слот — физический.

output_plugin (text)

Имя модуля вывода, используемого созданным слотом репликации. Null, если созданный слот — физический.

START_REPLICATION [SLOT *имя_слота*] [PHYSICAL] *XXX/XXX* [TIMELINE *лин_врем*]

Указывает серверу начать потоковую передачу WAL, начиная с позиции *XXX/XXX* в WAL. Если указывается параметр TIMELINE, передача начинается на линии времени *лин_врем*, иначе выбирается текущая линия времени сервера. Сервер может вернуть в ответ ошибку, например, если запрошенный сегмент WAL уже потерян. Если проблем не возникает, сервер возвращает сообщение CopyBothResponse, а затем начинает передавать поток WAL клиенту.

Если в параметрах передаётся *имя_слота*, сервер будет отражать состояние репликации в этом слоте и отслеживать, какие сегменты, а если включён режим hot_standby_feedback, то и в каких транзакциях, всё ещё нужны этому резервному серверу.

Если клиент запрашивает не последнюю, но существующую в истории сервера линию времени, сервер будет передавать весь WAL на этой линии времени, начиная с запрошенной стартовой точки до момента, когда сервер переключился на другую линию времени. Если клиент запрашивает передачу с начальной позицией точно в конце старой линии времени, сервер немедленно отвечает CommandComplete, не переходя в режим COPY.

После передачи всех записей WAL на линии времени, не являющейся текущей, сервер завершает потоковую передачу, выходя из режима копирования. Когда клиент подтверждает завершение передачи, также выходя из режима копирования, сервер возвращает набор результатов в одной строке с двумя столбцами, сообщая таким образом о следующей линии времени в истории сервера. В первом столбце передаётся идентификатор следующей линии времени (типа `int8`), а во втором — позиция в WAL, в которой произошло переключение (типа `text`). Обычно в этой же позиции завершается передача потока WAL, но возможны исключения, когда сервер может передавать записи WAL из старой линии времени, которые он сам ещё не воспроизвёл до переключения. Наконец сервер передаёт два сообщения CommandComplete (одно говорит о завершении CopyData, а второе — о завершении самой команды `START_REPLICATION`), после чего он готов принять следующую команду.

Данные WAL передаются в серии сообщений CopyData. (Это позволяет перемежать их с другой информацией; в частности, сервер может передать сообщение ErrorResponse, если он столкнулся с проблемами, уже начав передачу потока.) Полезная нагрузка каждого сообщения CopyData от сервера к клиенту содержит данные в одном из следующих форматов:

XLogData (B) — данные журнала транзакций

Byte1('w')

Указывает, что в этом сообщении передаются данные WAL.

Int64

Начальная точка данных WAL в этом сообщении.

Int64

Текущее положение конца WAL на сервере.

Int64

Показания системных часов сервера в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte*n*

Фрагмент потока данных WAL.

Одна запись WAL никогда не разделяется на два сообщения XLogData. Когда запись WAL пересекает границу страницы WAL, и таким образом от неё уже оказывается отделена продолжающая запись, её можно разделить на сообщения по границе страницы. Другими словами, первая основная запись WAL и продолжающие её записи могут быть переданы в различных сообщениях XLogData.

Primary keepalive message (B) — Сообщение об активности ведущего

Byte1('k')

Указывает, что это сообщение об активности отправителя.

Int64

Текущее положение конца WAL на сервере.

Int64

Показания системных часов сервера в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte1

Значение 1 означает, что клиент должен ответить на это сообщение как можно скорее, во избежание отключения по тайм-ауту. Со значением 0 это не требуется.

Принимающий процесс может передавать ответы отправителю в любое время, используя один из следующих форматов данных (также в полезной нагрузке сообщения CopyData):

Standby status update (F) — Обновление состояния резервного сервера

Byte1('r')

Указывает, что это сообщение передаёт обновлённое состояние получателя.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, полученным и записанным на диск на резервном сервере.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, сохранённым на диске на резервном сервере.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, применённым на резервном сервере.

Int64

Показания системных часов клиента в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte1

Если содержит 1, клиент запрашивает от сервера немедленный ответ на это сообщение. Так клиент может запросить отклик сервера и проверить, продолжает ли функционировать соединение.

Hot Standby feedback message (F) — Сообщение обратной связи горячего резерва

Byte1('h')

Указывает, что это сообщение обратной связи горячего резерва.

Int64

Показания системных часов клиента в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Int32

Текущее глобальное значение xmin данного резервного сервера, не учитывающее catalog_xmin всех слотов репликации. Если и это значение, и следующее catalog_xmin, равны 0, это воспринимается как уведомление о том, что через данное подключение больше не будут передаваться сообщения обратной связи горячего резерва. Последующие ненулевые сообщения могут возобновить работу механизма обратной связи.

Int32

Эпоха глобального идентификатора транзакции xmin на резервном сервере.

Int32

Наименьшее значение catalog_xmin для всех слотов репликации на резервном сервере. Значение 0 показывает, что на резервном сервере нет catalog_xmin, либо обратная связь горячего резерва отключена.

Int32

Эпоха идентификатора транзакции catalog_xmin на резервном сервере.

`START_REPLICATION SLOT` *имя_слота* `LOGICAL` *XXX/XXX* [(*имя_параметра* [*значение_параметра*] [, ...])]

Указывает серверу начать потоковую передачу WAL для логической репликации, начиная с позиции *XXX/XXX* в WAL. Сервер может вернуть в ответ ошибку, например, если запрошенный сегмент WAL уже потерян. Если проблем не возникает, сервер возвращает сообщение CopyBothResponse, а затем начинает передавать поток WAL клиенту.

Данные, передаваемые внутри сообщений CopyBothResponse, имеют тот же формат, что описан для команды `START_REPLICATION ... PHYSICAL`, включая два сообщения CommandComplete.

Обработку выводимых данных для передачи выполняет модуль вывода, связанный с выбранным слотом.

`SLOT` *`имя_слота`*

Имя слота, из которого передаются изменения. Это имя является обязательным, оно должно соответствовать существующему логическому слоту репликации, созданному командой `CREATE_REPLICATION_SLOT` в режиме `LOGICAL`.

`XXX/XXX`

Позиция в WAL, с которой должна начаться передача.

`имя_параметра`

Имя параметра, передаваемого модулю вывода логического декодирования для выбранного слота. Параметры, принимаемые стандартным модулем (`pgoutput`), описаны в Разделе 52.5.

`значение_параметра`

Необязательное значение, в форме строковой константы, связываемое с указанным параметром.

`DROP_REPLICATION_SLOT` *`имя_слота`* [`WAIT`]

Удаляет слот репликации, что приводит к освобождению всех зарезервированных для него ресурсов на стороне сервера.

`имя_слота`

Имя слота, подлежащего удалению.

`WAIT`

С этим указанием команда будет ждать, пока активный слот не станет неактивным (по умолчанию в этом случае выдаётся ошибка).

`BASE_BACKUP [ LABEL` *`'метка'`* `] [ PROGRESS ] [ FAST ] [ WAL ] [ NOWAIT ] [ MAX_RATE` *`скорость`* `] [ TABLESPACE_MAP ] [ NOVERIFY_CHECKSUMS ] [ MANIFEST` *`параметр_манифеста`* `] [ MANIFEST_CHECKSUMS` *`алгоритм_контрольной_суммы`*]

Указывает серверу начать потоковую передачу базовой копии. Система автоматически переходит в режим резервного копирования до начала передачи, и выходит из него после завершения копирования. Эта команда принимает следующие параметры:

`LABEL` *`'метка'`*

Устанавливает метку для резервной копии. Если метка не задана, по умолчанию устанавливается метка `base backup`. Для метки действуют те же правила применения кавычек, что и для стандартных строк SQL при включённым режиме standard_conforming_strings.

`PROGRESS`

Запрашивает информацию, необходимую для отслеживания прогресса операции. Сервер передаёт в ответ приблизительный размер в заголовке каждого табличного пространства, исходя из которого можно понять, насколько продвинулась передача потока. Для вычисления этого размера анализируются размеры всех файлов ещё до начала передачи, и это может негативно повлиять на производительность — в частности, может увеличиться задержка передачи первых данных. Так как файлы базы данных могут меняться во время резервного копирования, оценка размера не будет точной; размер базы может увеличиться или уменьшиться за время от вычисления этой оценки до передачи актуальных файлов.

`FAST`

Запрашивает быструю контрольную точку.

`WAL`

Включает в резервную копию необходимые сегменты WAL. При этом в подкаталог `pg_wal` архива базового каталога будут включены все файлы с начала до конца копирования.

`NOWAIT`

По умолчанию при копировании ожидается завершение архивации последнего требуемого сегмента WAL либо выдаётся предупреждение, если архивация журнала не включена. Указание `NOWAIT` отключает и ожидание, и предупреждение, так что обеспечение наличия требуемого журнала становится задачей клиента.

`MAX_RATE` *скорость*

Ограничивает (сдерживает) максимальный объём данных, передаваемый от сервера клиенту за единицу времени. Единица измерения этого параметра — килобайты в секунду. Если задаётся этот параметр, его значение должно быть равно нулю, либо должно находиться в диапазоне от 32 (килобайт/сек) до 1 Гбайта/сек (включая границы). Если передаётся ноль, либо параметр не задаётся, скорость передачи не ограничивается.

`TABLESPACE_MAP`

Включает информацию о символических ссылках, представленных в каталоге `pg_tblspc`, в файл `tablespace_map`. Файл карты табличных пространств содержит имена всех ссылок, содержащихся в каталоге `pg_tblspc/`, и полный путь для каждой ссылки.

`NOVERIFY_CHECKSUMS`

По умолчанию контрольные суммы проверяются в процессе базового резервного копирования, если они включены. Указание `NOVERIFY_CHECKSUMS` отключает эту проверку.

`MANIFEST` *параметр_манифеста*

Когда указывается этот параметр, и он имеет значение `yes` или `force-encode`, вместе с копией создаётся и передаётся манифест копии. Манифест содержит список всех файлов, содержащихся в копии, за исключением файлов WAL, которые могут быть добавлены дополнительно. В нём также сохраняется размер, дата последнего изменения и, возможно, контрольная сумма каждого файла. Значение `force-encode` указывает, что все имена файлов должны кодироваться в шестнадцатеричном виде; по умолчанию кодироваться будут только те имена, которые представлены не байтовыми последовательностями UTF-8. Это значение предназначено в первую очередь для тестирования, чтобы можно было проверить, что клиентские программы могут корректно прочитать закодированные имена. Для совместимости с предыдущими версиями подразумевается значение `MANIFEST 'no'`.

`MANIFEST_CHECKSUMS` *алгоритм_контрольной_суммы*

Задаёт алгоритм контрольных сумм, которые будут рассчитываться для всех файлов, описанных в манифесте копии. В настоящее время поддерживаются алгоритмы `NONE` (отсутствует), `CRC32C`, `SHA224`, `SHA256`, `SHA384` и `SHA512`. По умолчанию применяется `CRC32C`.

Когда запускается копирование, сервер сначала передаёт два обычных набора результатов, за которыми следуют один или более результатов CopyResponse.

В первом обычном наборе результатов передаётся начальная позиция резервной копии, в одной строке с двумя столбцами. В первом столбце содержится стартовая позиция в формате XLogRecPtr, а во втором идентификатор соответствующей линии времени.

Во втором обычном наборе результатов передаётся по одной строке для каждого табличного пространства. Эта строка содержит следующие поля:

`spcoid` (`oid`)

OID табличного пространства либо NULL, если это базовый каталог.

`spclocation` (`text`)

Полный путь к каталогу табличного пространства либо NULL, если это базовый каталог.

`size` (`int8`)

Приблизительный размер табличного пространства (в килобайтах, размером 1024 байта), если была запрошена информация о прогрессе операции; в противном случае NULL.

За вторым обычным набором результатов следует одна или несколько серий результатов CopyResponse, одна для основного каталога данных и по одной для каждого табличного пространства, отличного от `pg_default` и `pg_global`. Данные в CopyResponse представляют собой выгруженное в формате tar («формате обмена ustar», описанном в стандарте POSIX 1003.1-2008) содержимое табличных пространств, за исключением того, что два замыкающих блока нулей, описанных в стандарте, не передаются. После завершения передачи данных tar, если было запрошено создание манифеста, передаётся ещё результат CopyResponse с содержимым манифеста для текущей базовой копии. Затем в любом случае передаётся заключительный обычный набор результатов, в котором сообщается конечная позиция копии в WAL, в том же формате, что и стартовая позиция.

Архив tar каталога данных и всех табличных пространств будет содержать все файлы в этих каталогах, будь то файлы PostgreSQL или посторонние файлы, добавленные в эти каталоги. Исключение составляют только следующие файлы:

- `postmaster.pid`
- `postmaster.opts`
- `pg_internal.init` (находится в нескольких каталогах)
- Различные временные файлы и каталоги, создаваемые в процессе работы сервером PostgreSQL, в частности, файлы и каталоги с именами, начинающимися с `pgsql_tmp`, и временные отношения.
- Нежурналируемые отношения, за исключением слоя инициализации, который необходим при восстановлении для пересоздания нежурналируемого отношения (пустого).
- `pg_wal`, включая подкаталоги. Если в резервную копию включаются файлы WAL, в архив входит преобразованная версия `pg_wal`, в которой будут находиться только файлы, необходимые для восстановления копии, но не всё остальное содержимое этого каталога
- `pg_dynshmem`, `pg_notify`, `pg_replslot`, `pg_serial`, `pg_snapshots`, `pg_stat_tmp` и `pg_subtrans` копируются как пустые каталоги (даже если это символические ссылки)
- файлы, кроме обычных файлов и каталогов, например, символические ссылки (кроме вышеупомянутых каталогов) и файлы специальных устройств, пропускаются (символические ссылки в `pg_tblspc` сохраняются).

Если файловая система сервера поддерживает это, в архив включается информация о владельце, группе и режиме файла.

52.5. Протокол логической потоковой репликации

В этом разделе описывается протокол логической репликации, регламентирующий поток сообщений, который запускается командой репликации `START_REPLICATION SLOT` *`имя_слота`* `LOGICAL`.

Протокол логической потоковой репликации построен на примитивах протокола физической потоковой репликации.

В логическом декодировании PostgreSQL поддерживаются модули вывода. Стандартный модуль `pgoutput` используется для встроенной логической репликации.

52.5.1. Параметры протокола логической потоковой репликации

Используя команду START_REPLICATION, модуль pgoutput принимает следующие параметры:

proto_version

Версия протокола. В настоящее время поддерживается только версия 1. Необходимо указывать только рабочую версию.

publication_names

Список разделённых запятыми имён публикаций, на которые подписывается клиент (будет получать их изменения). Имена отдельных публикаций обрабатываются как стандартные имена объектов и могут так же заключаться в кавычки при необходимости. Требуется указывать хотя бы одно имя публикации.

52.5.2. Сообщения протокола логической репликации

Отдельные сообщения протокола рассматриваются в следующих подразделах. Собственно сообщения описаны в Раздел 52.9.

Все сообщения верхнего уровня начинаются с байта, определяющего тип сообщения. Хотя он представлен в коде символьным типом, это знаковый байт без явно заданной кодировки.

Так как в протоколе потоковой репликации передаётся длина сообщения, нет необходимости указывать длину в заголовках сообщений верхнего уровня.

52.5.3. Поток сообщений протокола логической репликации

За исключением команды START_REPLICATION и сообщений о прогрессе воспроизведения, весь информационный поток направлен от сервера к клиенту.

Протокол логической репликации передаёт отдельные транзакции одну за другой. Это значит, что все сообщения между парой сообщений Begin и Commit относятся к одной транзакции.

Каждая передаваемая транзакция содержит ноль или более сообщений DML (Insert, Update, Delete). В каскадной схеме она может также содержать сообщения Origin. Это сообщение показывает, что транзакция пришла с другого узла в схеме репликации. Так как этим узлом в контексте протокола логической репликации может быть что угодно, единственным идентификатором является его имя. Как воспринимать это имя (если это вообще нужно), определяют нижестоящие узлы. Сообщение Origin всегда передаётся перед всеми остальными сообщениями DML в транзакции.

Каждое DML-сообщение содержит идентификатор (OID) отношения, который указывает на целевое отношение на стороне публикации. Перед первым DML-сообщением для данного OID отношения будет отправлено сообщение Relation, описывающее схему данного отношения. Впоследствии будет отправлено новое сообщение Relation, если определение отношения изменится после отправки последнего сообщения Relation. (В протоколе предполагается, что клиент сможет кешировать метаданные для достаточно большого числа отношений.)

В сообщениях Relation типы столбцов определяются идентификаторами (OID). Для встроенного типа предполагается, что клиент может разрешить этот OID локально, поэтому никакие дополнительные данные не нужны. Однако для любых других типов перед сообщением Relation будет передаваться сообщение Type, связывающее имя типа с определённым OID. Таким образом, клиент, которому нужно однозначно определять типы столбцов в отношении, должен кешировать содержимое сообщений Type, и в случае обнаружения полученного OID в кеше использовать эту информацию, а в противном случае разрешать его локально.

52.6. Типы данных в сообщениях

В этом разделе описываются базовые типы данных, применяемые в сообщениях.

Int$n$(i)

Целое число из n бит с сетевым порядком байт (наиболее значащий байт первый). Если указано i, это поле будет содержать именно указанное значение, в противном случае значение переменное. Например: Int16, Int32(42).

Int$n$[k]

Массив из k n-битовых целых, каждое записывается с сетевым порядком байт. Длина массива k всегда определяется по предыдущему полю сообщения, например Int16[M].

String(s)

Строка, оканчивающаяся нулём (строка в стиле C). На длину строк ограничение не накладывается. Если указывается s, это поле будет содержать именно указанное значение, в противном случае значение переменное. Например: String, String("user").

> **Примечание**
>
> *Нет никакого предопределённого ограничения* длины строки, которую может возвратить сервер. Поэтому при реализации клиента лучше использовать расширяемый буфер, чтобы он мог принять строку любого размера, умещающуюся в памяти. Если такой возможности нет, прочитайте строку целиком и отбросьте последние символы, не помещающиеся в ваш буфер фиксированного размера.

Byte$n$(c)

В точности n байт. Если размер поля n задаётся не константой, он всегда определяется по предыдущему полю сообщения. Если указывается c, оно задаёт точное значение. Например: Byte2, Byte1('\n').

52.7. Форматы сообщений

В этом разделе подробно описывается формат каждого сообщения. Все сообщения помечены символами, обозначающими, какая сторона может их передавать: клиент (F), сервер (B) или обе стороны (F & B). Заметьте, что хотя каждое сообщение включает счётчик байт в начале, формат сообщения разработан так, чтобы конец сообщения можно было найти, не обращаясь к счётчику байт. Это помогает проверять корректность сообщений. (Исключением является сообщение CopyData, так как оно образует часть потока данных; содержимое любого отдельного сообщения CopyData нельзя интерпретировать само по себе.)

AuthenticationOk (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(0)

Показывает, что проверка подлинности прошла успешно.

AuthenticationKerberosV5 (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(2)

Указывает, что требуется проверка подлинности по протоколу Kerberos V5.

AuthenticationCleartextPassword (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(3)

Указывает, что требуется пароль, передаваемый открытым текстом.

AuthenticationMD5Password (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(12)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(5)

Указывает, что требуется пароль, преобразованный в хеш MD5.

Byte4

Значение соли, с которым должен хешироваться пароль.

AuthenticationSCMCredential (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(6)

Указывает, что требуется сообщение с учётными данными SCM.

AuthenticationGSS (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(7)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе GSSAPI.

AuthenticationSSPI (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(9)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе SSPI.

AuthenticationGSSContinue (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(8)

Указывает, что это сообщение содержит данные GSSAPI или SSPI.

Byte*n*

Данные аутентификации для GSSAPI или SSPI.

AuthenticationSASL (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(10)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе SASL.

Тело сообщения содержит список механизмов аутентификации SASL в порядке предпочтений сервера. За последним именем механизма аутентификации должен идти завершающий нулевой байт. Для каждого механизма передаётся:

String

Имя механизма аутентификации SASL.

AuthenticationSASLContinue (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(11)

Указывает, что это сообщение содержит данные вызова SASL.

Byte*n*

Данные SASL, специфичные для применяемого механизма SASL.

AuthenticationSASLFinal (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(12)

Указывает, что аутентификация SASL завершена.

Byte*n*

«Дополнительные данные» результата SASL, специфичные для применяемого механизма SASL.

BackendKeyData (B)

Byte1('K')

Указывает, что это сообщение содержит ключевые данные для отмены запросов. Клиент должен сохранить эти данные, если ему нужна возможность впоследствии выдавать сообщения CancelRequest.

Int32(12)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

PID обслуживающего процесса.

Int32

Секретный ключ обслуживающего процесса.

Bind (F)

Byte1('B')

Указывает, что это сообщение представляет команду Bind.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя целевого портала (пустая строка выбирает безымянный портал).

String

Имя исходного подготовленного оператора (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор).

Int16

Количество кодов форматов следующих параметров (обозначается ниже символом *C*). Может быть нулевым, что показывает, что параметры отсутствуют или все параметры передаются в формате по умолчанию (текстовом); либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем параметрам; либо может равняться действительному количеству параметров.

Int16[*C*]

Коды форматов параметров. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

Int16

Количество следующих значений параметров (может быть нулевым). Оно должно совпадать с количеством параметров, требующихся для запроса.

Затем для каждого параметра идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения параметра, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte*n*

Значение параметра в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

За последним параметром идут следующие поля:

Int16

Количество кодов формата для следующих столбцов результата (обозначается ниже символом *R*). Может быть нулевым, что показывает, что столбцы результата отсутствуют или для всех столбцов должен использоваться формат по умолчанию (текстовый), либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем столбцам (если они есть), либо может равняться действительному количеству столбцов результата запроса.

Int16[*R*]

Коды форматов столбцов результата. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

BindComplete (B)

Byte1('2')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Bind.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CancelRequest (F)

Int32(16)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(80877102)

Код запроса отмены. Это специально выбранное значение содержит `1234` в старших 16 битах и `5678` в младших 16 битах. (Во избежание неоднозначности этот код не должен совпадать с номером версии протокола.)

Int32

PID целевого обслуживающего процесса.

Int32

Секретный ключ целевого обслуживающего процесса.

Close (F)

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение представляет команду Close.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

'`S`' для закрытия подготовленного оператора, '`P`' для закрытия портала.

String

Имя подготовленного оператора или портала, который должен быть закрыт (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор или портал).

CloseComplete (B)

Byte1('3')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Close.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CommandComplete (B)

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение об успешном завершении команды.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Тег команды. Обычно это одно слово, обозначающее завершённую команду SQL.

Для команды `INSERT` в качестве тега передаётся `INSERT` *`oid`* *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество вставленных строк. В поле *`oid`* передавался идентификатор объекта вставленной строки, когда *`число_строк`* было равно 1 и в целевой таблице содержались OID; таким образом, сейчас *`oid`* всегда равняется 0.

Для команды `DELETE` в качестве тега передаётся `DELETE` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество удалённых строк.

Для команды `UPDATE` в качестве тега передаётся `UPDATE` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество изменённых строк.

Для команды `SELECT` или `CREATE TABLE AS` в качестве тега передаётся `SELECT` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — число полученных строк.

Для команды `MOVE` в качестве тега передаётся `MOVE` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество строк, на которое изменилась позиция курсора.

Для команды `FETCH` в качестве тега передаётся `FETCH` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество строк, полученное через курсор.

Для команды `COPY` в качестве тега передаётся `COPY` *`число_строк`*, где *`число_строк`* — количество скопированных строк. (Заметьте: число строк выводится, начиная только с PostgreSQL 8.2.)

CopyData (F & B)

Byte1('d')

Указывает, что в этом сообщении передаются данные `COPY`.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte*n*

Данные, образующие часть информационного потока `COPY`. Сообщения от сервера всегда соответствуют отдельным строкам данных, но сообщения, передаваемые клиентами, могут разделять поток произвольным образом.

CopyDone (F & B)

Byte1('c')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении COPY.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CopyFail (F)

Byte1('f')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее об ошибке операции COPY.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Сообщение об ошибке, описывающее причину сбоя операции.

CopyInResponse (B)

Byte1('G')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск входящего копирования. Получив его, клиент начинает передавать данные на вход операции копирования (если клиент не готов к этому, он передаёт сообщение CopyFail).

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции COPY применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[*N*]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

CopyOutResponse (B)

Byte1('H')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск исходящего копирования. За этим сообщением следуют данные, исходящие со стороны сервера.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции COPY применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[*N*]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

CopyBothResponse (B)

Byte1('W')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск двустороннего копирования. Это сообщение используется только для потоковой репликации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции `COPY` применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[*N*]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

DataRow (B)

Byte1('D')

Указывает, что в этом сообщении передаётся строка данных.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Количество последующих значений столбцов (может быть нулевым).

Затем для каждого столбца идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения столбца, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte*n*

Значение столбца в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

Describe (F)

Byte1('D')

Указывает, что это сообщение представляет команду Describe.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

'S' для получения описания подготовленного оператора, 'P' — портала.

String

Имя подготовленного оператора или портала, описание которого запрашивается (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор или портал).

EmptyQueryResponse (B)

Byte1('I')

Указывает, что это сообщение является ответом на пустую строку запроса. (Это сообщение заменяет CommandComplete.)

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

ErrorResponse (B)

Byte1('E')

Указывает, что это сообщение ошибки.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Тело сообщения состоит из одного или нескольких определённых полей, за которыми в качестве завершающего следует нулевой байт. Поля могут идти в любом порядке. Для каждого поля передаётся:

Byte1

Код, задающий тип поля; ноль обозначает конец сообщения, после которого ничего нет. Типы полей, определённые в настоящее время, перечислены в Разделе 52.8. Так как в будущем могут появиться другие типы полей, клиенты должны просто игнорировать поля нераспознанного типа.

String

Значение поля.

Execute (F)

Byte1('E')

Указывает, что это сообщение представляет команду Execute.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя портала, подлежащего выполнению (пустая строка выбирает безымянный портал).

Int32

Максимальное число строк, которое должно быть возвращено, если портал содержит запрос, возвращающий строки (в противном случае игнорируется). Ноль означает «без ограничения».

Flush (F)

Byte1('H')

Указывает, что это сообщение представляет команду Flush.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

FunctionCall (F)

Byte1('F')

Указывает, что это сообщение представляет вызов функции.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Задаёт идентификатор объекта вызываемой функции.

Int16

Количество кодов форматов следующих аргументов (обозначается ниже символом *C*). Может быть нулевым, что показывает, что аргументы отсутствуют или все аргументы передаются в формате по умолчанию (текстовом); либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем аргументами, либо может равняться действительному количеству аргументов.

Int16[*C*]

Коды форматов аргументов. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

Int16

Задаёт число аргументов, передаваемых функции.

Затем для каждого аргумента идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения аргумента, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte*n*

Значение аргумента, в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

За последним аргументом идут следующие поля:

Int16

Код формата результата функции. В настоящее время допускается код ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

FunctionCallResponse (B)

Byte1('V')

Указывает, что в этом сообщении передаётся результат вызова функции.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Длина значения результата функции, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значения далее не следуют.

Byte*n*

Значение результата функции в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

GSSResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как ответ GSSAPI или SSPI. Заметьте, что оно также применяется для ответов SASL и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte*n*

Данные сообщения, специфичные для GSSAPI/SSPI.

NegotiateProtocolVersion (B)

Byte1('v')

Указывает, что это сообщение согласования версии протокола.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Новейшая младшая версия протокола, поддерживаемая сервером, для запрошенной клиентом старшей версии.

Int32

Число параметров протокола, не принятых сервером.

Затем для параметров протокола, не принятых сервером, передаётся:

String

Имя параметра.

NoData (B)

Byte1('n')

Указывает, что это сообщение сигнализирует об отсутствии данных.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

NoticeResponse (B)

Byte1('N')

Указывает, что это сообщение представляет замечание.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Тело сообщения состоит из одного или нескольких определённых полей, за которыми в качестве завершающего следует нулевой байт. Поля могут идти в любом порядке. Для каждого поля передаётся:

Byte1

Код, задающий тип поля; ноль обозначает конец сообщения, после которого ничего нет. Типы полей, определённые в настоящее время, перечислены в Разделе 52.8. Так как в будущем могут появиться другие типы полей, клиенты должны просто игнорировать поля нераспознанного типа.

String

Значение поля.

NotificationResponse (B)

Byte1('A')

Указывает, что это сообщение представляет уведомление.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

PID обслуживающего процесса, отправляющего уведомление.

String

Имя канала, для которого было выдано уведомление.

String

Строка «сообщения», сопровождающего уведомление.

ParameterDescription (B)

Byte1('t')

Указывает, что это сообщение представляет описание параметра.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Количество параметров для оператора (может быть нулевым).

Затем для каждого параметра передаётся:

Int32

Задаёт идентификатор объекта типа данных параметра.

ParameterStatus (B)

Byte1('S')

Указывает, что в этом сообщении передаётся состояние параметра времени выполнения.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя параметра времени выполнения, состояние которого передаётся.

String

Текущее значение параметра.

Parse (F)

Byte1('P')

Указывает, что это сообщение представляет команду Parse.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя целевого подготовленного оператора (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор).

String

Строка запроса, которая должна быть разобрана.

Int16

Количество типов параметров (может быть нулевым). Заметьте, что это значение представляет не число параметров, которые могут фигурировать в строке запроса, а число параметров, для которых клиент хочет предопределить типы.

Затем для каждого параметра передаётся:

Int32

Задаёт идентификатор объекта типа данных параметра. Указание нулевого значения равносильно отсутствию указания типа.

ParseComplete (B)

Byte1('1')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Parse.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

PasswordMessage (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и SASL. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Пароль (зашифрованный, если требуется).

PortalSuspended (B)

Byte1('s')

Указывает, что это сообщение сигнализирует о приостановке портала. Заметьте, что оно выдаётся только при достижении ограничения числа строк, заданного в сообщении Execute.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Query (F)

Byte1('Q')

Указывает, что это сообщение представляет простой протокол запросов.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Собственно строка запроса.

ReadyForQuery (B)

Byte1('Z')

Определяет тип сообщения. Сообщение ReadyForQuery передаётся, когда сервер готов к новому циклу запросов.

Int32(5)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

Индикатор текущего состояния транзакции на сервере. Возможные значения: '`I`', транзакция неактивна (вне блока транзакции), '`T`' в блоке транзакции, либо '`E`' в блоке прерванной транзакции (запросы не будут обрабатываться до завершения блока).

RowDescription (B)

Byte1('T')

Указывает, что это сообщение представляет описание строки.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Задаёт количество полей в строке (может быть нулевым).

Затем для каждого поля передаётся:

String

Имя поля.

Int32

Если поле связано со столбцом определённой таблицы, идентификатор объекта этой таблицы; в противном случае — ноль.

Int16

Если поле связано со столбцом определённой таблицы, номер атрибута для этого столбца; в противном случае — ноль.

Int32

Идентификатор объекта типа данных поля.

Int16

Размер типа данных (см. `pg_type.typlen`). Заметьте, что отрицательные значения показывают, что тип имеет переменную длину.

Int32

Модификатор типа (см. `pg_attribute.atttypmod`). Смысл этого модификатора зависит от типа.

Int16

Код формата, используемого для поля. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). В сообщении RowDescription, возвращаемом вариацией Describe для оператора, код формата ещё не известен и всегда будет нулевым.

SASLInitialResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как начальный ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения определяется из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя механизма аутентификации SASL, выбранного клиентом.

Int32

Длина последующего сообщения «Начальный ответ клиента», специфичного для механизма SASL, или -1, если начального ответа нет.

Byte*n*

«Начальный ответ», специфичный для механизма SASL.

SASLResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte*n*

Данные сообщения, специфичные для механизма SASL.

SSLRequest (F)

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(80877103)

Код запроса SSL. Это специально выбранное значение содержит `1234` в старших 16 битах и `5679` в младших 16 битах. (Во избежание неоднозначности этот код не должен совпадать с номером версии протокола.)

GSSENCRequest (F)

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(80877104)

Код запроса GSSAPI Encryption. Это специально выбранное значение содержит `1234` в старших 16 битах и `5680` в младших 16 битах. (Во избежание неоднозначности этот код не должен совпадать с номером версии протокола.)

StartupMessage (F)

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(196608)

Номер версии протокола. В старших 16 битах задаётся старший номер версии (3 для протокола, описываемого здесь). В младших 16 битах задаётся младший номер версии (0 для протокола, описываемого здесь).

За номером версии протокола следует одна или несколько пар из имени параметра и строки значения. За последней парой имя/значение должен следовать нулевой байт. Передаваться параметры могут в любом порядке. Обязательным является только параметр `user`, остальные могут отсутствовать. Каждый параметр задаётся так:

String

Имя параметра. В настоящее время принимаются имена:

`user`

Имя пользователя баз данных, с которым выполняется подключение. Является обязательным, значения по умолчанию нет.

`database`

База данных, к которой выполняется подключение. По умолчанию подставляется имя пользователя.

`options`

Аргументы командной строки для обслуживающего процесса. (Этот способ считается устаревшим; теперь следует устанавливать отдельные параметры времени выполнения.) Пробелы в этой строке воспринимаются как разделяющие аргументы, если перед ними нет обратной косой черты (`\`); чтобы представить обратную косую черту буквально, продублируйте её (`\\`).

`replication`

Используется для подключения в режиме потоковой репликации, в котором вместо операторов SQL может выполняться небольшой набор команд репликации. Допустимые значения: `true`, `false` (по умолчанию) и `database`. За подробностями обратитесь к Разделу 52.4.

В дополнение к ним могут задаваться и другие параметры. Имена параметров, начинающиеся с `_pq_.`, резервируются для использования в расширениях протокола, а остальные воспринимаются как параметры времени выполнения, передаваемые во время запуска серверному процессу. Такие параметры будут применяться при запуске серверного процесса (после разбора аргументов командной строки, если они есть) и будут действовать как параметры сеанса по умолчанию.

String

Значение параметра.

Sync (F)

Byte1('S')

Указывает, что это сообщение представляет команду Sync.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Terminate (F)

Byte1('X')

Указывает, что это сообщение завершает сеанс.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

52.8. Поля сообщений с ошибками и замечаниями

В этом разделе описываются поля, которые могут содержаться в сообщениях ErrorResponse и NoticeResponse. Для каждого типа поля определён свой идентификационный маркер. Заметьте, что в сообщении может содержаться поле любого из этих типов, но не больше одного раза.

`S`

Важность: поле содержит `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке), либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении с замечанием), либо переведённые значения (ОШИБКА, ВАЖНО, ПАНИКА, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ЗАМЕЧАНИЕ, ОТЛАДКА, ИНФОРМАЦИЯ, СООБЩЕНИЕ, соответственно). Это поле присутствует всегда.

`V`

Важность: поле содержит `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке) либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении с замечанием). Это поле подобно `S`, но его содержимое никогда не переводится. Присутствует только в сообщениях, выдаваемых PostgreSQL версии 9.6 и новее.

`C`

Код: код SQLSTATE выданной ошибки (см. Приложение A). Не переводится на другие языки, присутствует всегда.

`M`

Сообщение: основное сообщение об ошибке, предназначенное для человека. Должно быть точным, но кратким (обычно в одну строку). Присутствует всегда.

`D`

Необязательное дополнительное сообщение об ошибке, передающее более детальную информацию о проблеме. Может занимать несколько строк.

`H`

Подсказка: необязательное предложение решения проблемы. Оно должно отличаться от подробного описания тем, что предлагает совет (не обязательно подходящий во всех случаях), а не сухие факты. Может располагаться в нескольких строках.

`P`

Позиция: значение поля представляет целочисленное число в ASCII, указывающее на положение ошибки в исходной строке запроса. Первый символ находится в позиции 1, при этом позиции отсчитываются по символам, а не по байтам.

`p`

Внутренняя позиция: она определяется так же, как поле `P`, но отражает положение ошибки во внутренне сгенерированной команде, а не в строке, переданной клиентом. Вместе с этим полем всегда присутствует поле `q`.

`q`

Внутренний запрос: текст внутренне сгенерированной команды, в которой произошла ошибка. Это может быть, например, SQL-запрос, выполняемый функцией на PL/pgSQL.

`W`

Где: указывает на контекст, в котором произошла ошибка. В настоящее время включает трассировку стека вызовов текущей функции на процедурном языке и внутренне сгенерированных запросов. Записи трассировки разделяются по строкам, вначале последняя.

`s`

Имя схемы: если ошибка связана с некоторым объектом базы данных, это поле содержит имя схемы, к которой относится объект (если такая есть).

`t`

Имя таблицы: если ошибка связана с некоторой таблицей, это поле содержит имя таблицы. (Узнать имя схемы таблицы можно из соответствующего отдельного поля.)

`c`

Имя столбца: если ошибка связана с некоторым столбцом таблицы, это поле содержит имя столбца. (Идентифицировать таблицу можно, обратившись к полям, содержащим имя таблицы и схемы.)

`d`

Имя типа данных: если ошибка связана с некоторым типом данных, это поле содержит имя типа. (Узнать имя схемы типа можно из соответствующего поля.)

`n`

Имя ограничения: если ошибка связана с некоторым ограничением, это поле содержит имя ограничения. Чтобы узнать, к какой таблице или домену она относится, обратитесь к полям, описанным выше. (В данном контексте индексы считаются ограничениями, даже если они были созданы не с синтаксисом ограничений.)

`F`

Файл: имя файла с исходным кодом, в котором была обнаружена ошибка.

`L`

Строка: номер строки в исходном коде, в которой была обнаружена ошибка.

`R`

Программа: имя программы в исходном коде, в которой была обнаружена ошибка.

Примечание

Поля, содержащие имена схемы, таблицы, столбца, типа данных и ограничения, выдаются только для ограниченного числа типов ошибок; см. Приложение A. Клиенты не должны рассчитывать на то, что присутствие одного из полей обязательно влечёт присутствие другого поля. Системные источники ошибок устанавливают связь между ними, но пользовательские функции могут использовать эти поля по-другому. Подобным образом, клиенты не должны полагаться на то, что эти поля ссылаются на актуальные объекты в текущей базе данных.

Клиент отвечает за форматирование отображаемой информации в соответствии с его нуждами; в частности, он должен разбивать длинные строки, как требуется. Символы новой строки, встречающиеся в полях сообщения об ошибке, должны обрабатываться, как разрывы абзацев, а не строк.

52.9. Форматы сообщений логической репликации

В этом разделе подробно описывается формат каждого сообщения логической репликации. Эти сообщения или выдаются через SQL-интерфейс слота репликации или передаются процессом walsender. Когда их передаёт walsender, они помещаются внутрь WAL-сообщений протокола репликации, описанных в Разделе 52.4, и в общем следуют тому же потоку сообщений, что и сообщения физической репликации.

Begin

Byte1('B')

Указывает, что это начальное сообщение.

Int64

Окончательный LSN транзакции.

Int64

Время фиксации транзакции. Значение задаётся в микросекундах, прошедших с начала эпохи PostgreSQL (2000-01-01).

Int32

Идентификатор транзакции.

Commit

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение о фиксации.

Int8

Флаги; в настоящее время не используются (поле должно содержать 0).

Int64

LSN записи фиксации.

Int64

Конечный LSN транзакции.

Int64

Время фиксации транзакции. Значение задаётся в микросекундах, прошедших с начала эпохи PostgreSQL (2000-01-01).

Origin

Byte1('O')

Указывает, что это сообщение об источнике.

Int64

LSN записи фиксации на сервере-источнике.

String

Имя источника.

Заметьте, что внутри одной транзакции может быть несколько сообщений Origin.

Relation

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение об отношении.

Int32

Идентификатор отношения.

String

Пространство имён (пустая строка для `pg_catalog`).

String

Имя отношения.

Int8

Свойство идентификации реплики для отношения (то же, что и `relreplident` в `pg_class`).

Int16

Число столбцов.

Затем для каждого столбца (за исключением генерируемых) идёт следующий блок сообщения:

Int8

Флаги столбца. В настоящее время это может быть 0 (флагов нет) или 1 (столбец помечается как часть ключа).

String

Имя столбца.

Int32

Идентификатор типа данных столбца.

Int32

Модификатор типа столбца (`atttypmod`).

Тип

Byte1('Y')

Указывает, что это сообщение о типе.

Int32

Идентификатор типа данных.

String

Пространство имён (пустая строка для `pg_catalog`).

String

Имя типа данных.

Insert

Byte1('I')

Указывает, что это сообщение о добавлении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('N')

Обозначает следующее сообщение TupleData как содержащее новый кортеж.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое нового кортежа.

Update

Byte1('U')

Указывает, что это сообщение об изменении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('K')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит ключ. Это поле является необязательным и присутствует, только если изменение затронуло столбцы, являющиеся частью индекса REPLICA IDENTITY.

Byte1('O')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит старый кортеж. Это поле является необязательным и присутствует, только если у таблицы, в которой произошло изменение, свойство REPLICA IDENTITY равно FULL.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое старого кортежа или первичного ключа. Присутствует, только если перед ним идёт признак 'O' или 'K'.

Byte1('N')

Обозначает следующее сообщение TupleData как содержащее новый кортеж.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое нового кортежа.

Сообщение Update может содержать либо блок 'K', либо блок 'O', либо ни один из них, но не оба сразу.

Delete

Byte1('D')

Указывает, что это сообщение об удалении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('K')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит ключ. Это поле присутствует, если таблица, в которой произошло удаление, использует индекс в качестве REPLICA IDENTITY.

Byte1('O')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит старый кортеж. Это поле присутствует, если у таблицы, в которой произошло удаление, свойство REPLICA IDENTITY равно FULL.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое старого кортежа или первичного ключа, в зависимости от предыдущего поля.

Сообщение Delete может содержать либо блок 'K', либо блок 'O', но не оба сразу.

Truncate

Byte1('T')

Указывает, что это сообщение об усечении отношений.

Int32

Число отношений.

Int8

Битовые флаги для `TRUNCATE`: 1 соответствует указанию `CASCADE`, 2 — `RESTART IDENTITY`.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении. Это поле повторятся для каждого отношения.

Описанные выше сообщения имеют следующие общие блоки.

TupleData

Int16

Число столбцов.

Затем для каждого столбца (за исключением генерируемых) идёт одно из следующих вложенных сообщений:

Byte1('n')

Обозначает данные как значение NULL.

Или

Byte1('u')

Обозначает неизменённое значение TOAST (само значение не передаётся).

Или

Byte1('t')

Обозначает данные как значение в текстовом формате.

Int32

Длина значения столбца.

Byte*n*

Значение столбца в текстовом формате. (В будущих выпусках могут поддерживаться и другие форматы.) Здесь *n* — заданная выше длина.

52.10. Сводка изменений по сравнению с протоколом версии 2.0

В этом разделе представлен краткий список изменений к сведению разработчиков, желающих модернизировать существующие клиентские библиотеки до протокола 3.0.

В начальном стартовом пакете вместо фиксированного формата применяется гибкий формат списка строк. Заметьте, что теперь сеансовые значения по умолчанию для параметров времени выполнения можно задать непосредственно в стартовом пакете. (Вообще, это можно было делать и раньше, используя поле `options`, но из-за ограниченного размера `options` и невозможности задавать значения с пробелами, это вариант был не очень безопасным.)

Во всех сообщениях непосредственно за байтом типа сообщения следует счётчик длины (за исключением стартовых пакетов, в которых нет байта типа). Также заметьте, что байт типа теперь есть в сообщении PasswordMessage.

Сообщения ErrorResponse и NoticeResponse ('E' и 'N') могут содержать несколько полей, из которых клиентский код может собрать сообщение об ошибке желаемого уровня детализации. Заметьте, что текст отдельных полей обычно не завершается новой строкой, тогда как в старом протоколе одиночная строка всегда завершалась так.

Сообщение ReadyForQuery ('Z') включает индикатор статуса транзакции.

Различие между типами данных BinaryRow и DataRow ушло; один тип сообщений DataRow позволяет возвращать данные во всех форматах. Заметьте, что формат DataRow был изменён для упрощения его разбора. Также изменилось представление двоичных значений: оно больше не привязано к внутреннему представлению сервера.

В протоколе появился новый раздел «расширенный протокол запросов», в котором добавлены типы сообщений для команд Parse, Bind, Execute, Describe, Close, Flush и Sync, а также типы серверных сообщений ParseComplete, BindComplete, PortalSuspended, ParameterDescription, NoData и CloseComplete. Существующие клиенты могут не подстраиваться под этот раздел протокола, но если они задействует его, это позволит улучшить производительность или функциональность.

Данные `COPY` теперь внедряются в сообщения CopyData и CopyDone. Есть чётко определённый способ восстановить работу в случае ошибок в процессе `COPY`. Специальная последняя строка «`\.`» больше не нужна, она не передаётся при выполнении `COPY OUT`. (Она по-прежнему воспринимается как завершающая последовательность в потоке `COPY IN`, но это считается устаревшим способом завершения, и в конце концов он будет исключён.) Поддерживается `COPY` в двоичном режиме. Сообщения CopyInResponse и CopyOutResponse включают поля, определяющие число столбцов и формат каждого столбца.

Изменилась структура сообщений FunctionCall и FunctionCallResponse. Сообщение FunctionCall теперь позволяет передавать функциям аргументы NULL. Ещё в нём могут передаваться параметры и получаться результаты в текстовом или двоичном формате. Не осталось повода считать сообщение FunctionCall потенциально небезопасным, так как оно не даёт прямого доступа к внутренней презентации данных на сервере.

Сервер отправляет сообщения ParameterStatus ('S') при попытке подключения для всех параметров, которые он считает интересными для клиентской библиотеки. Как следствие, при любом изменении активного значения одного из этих параметров также выдаётся сообщение ParameterStatus.

Сообщение RowDescription ('T') содержит поля с OID таблицы и номером столбца для каждого столбца описываемой строки. В нём также передаётся код формата для каждого столбца.

Сервер более не выдаёт сообщение CursorResponse ('P').

В сообщении NotificationResponse ('A') добавилось ещё одно строковое поле, в котором может передаваться строка «сообщения» от отправителя события `NOTIFY`.

Раньше сообщение EmptyQueryResponse ('I') включало пустой строковый параметр; теперь он ликвидирован.

Глава 53. Соглашения по оформлению кода PostgreSQL

53.1. Форматирование

Исходный код форматируется с отступом на 4 позиции, с сохранением табуляции (т. е. символы табуляции не разворачиваются в пробелы). Для каждого логического уровня отступа добавляется одна табуляция.

Правила оформления (расположения скобок и т. д.) следуют соглашениям BSD. В частности, фигурные скобки для управляемых ими блоков `if`, `while`, `switch` и т. д. размещаются в отдельных строках.

Ограничьте размеры строк, чтобы код можно было читать в окне шириной 80 символов. (Это не значит, что никогда нельзя заходить за 80 символов. Например, не стоит разбивать длинную строку сообщения в произвольных местах, просто чтобы код умещался в 80 символов, так как это в результате скорее всего не сделает код более читабельным.)

Для единообразия кода не используйте комментарии в стиле C++ (комментарии `//`). Утилита pgindent заменит их на `/* ... */`.

Предпочитаемый стиль многострочных блоков выглядит так:

```
/*
 * текст комментария начинается здесь
 * и продолжается здесь
 */
```

Заметьте, что блоки комментариев, начинающиеся с первого символа, будут сохраняться утилитой pgindent как есть, но содержимое блоков комментариев с отступами будет переразбито по строкам как обычный текст. Если вы хотите сохранить разрывы строк в блоке с отступом, добавьте минусы следующим образом:

```
    /*----------
     * текст комментария начинается здесь
     * и продолжается здесь
     *----------
     */
```

Хотя предлагаемые правки кода не обязательно должны следовать этим правилам форматирования, лучше их придерживаться. Ваш код будет пропущен через pgindent перед следующим выпуском, поэтому нет смысла наводить в нём красоту по другим правилам. Для правок есть хорошее правило: «оформляйте новый код так же, как выглядит существующий код вокруг».

В каталоге `src/tools` содержатся примеры файлов настройки, которые можно использовать с редакторами emacs, xemacs или vim для упрощения задачи форматирования кода в соответствии с описанными соглашениями.

Чтобы табуляция показывалась должным образом в средствах просмотра текста more и less, их можно вызвать так:

```
more -x4
less -x4
```

53.2. Вывод сообщений об ошибках в коде сервера

Сообщения об ошибках, предупреждения и обычные сообщения, выдаваемые в коде сервера должны создаваться функцией `ereport` или родственной её предшественницей `elog`. Использование этой функции достаточно сложно и требует дополнительного объяснения.

У каждого сообщения есть два обязательных элемента: уровень важности (от DEBUG до PANIC) и основной текст сообщения. В дополнение к ним есть необязательные элементы, из которых часто используется код идентификатора ошибки, соответствующий определению SQLSTATE в спецификации SQL. Макрос ereport сам по себе является просто оболочкой, которая существует в основном для синтаксического удобства, чтобы выдача сообщения выглядела как вызов одной функции в коде C. Единственный параметр, который принимает непосредственно ereport, — это уровень важности. Основной текст и любые дополнительные элементы сообщения генерируются в вызове ereport в результате использования вспомогательных функций, таких как errmsg.

Типичный вызов ereport выглядит примерно так:

```
ereport(ERROR,
        errcode(ERRCODE_DIVISION_BY_ZERO),
        errmsg("division by zero"));
```

В нём задаётся уровень важности ERROR (заурядная ошибка). В вызове errcode указывается код ошибки SQLSTATE по макросу, определённому в src/include/utils/errcodes.h. Вызов errmsg даёт текст основного сообщения.

Вы часто также будете встречать вызовы в старом стиле, с дополнительными скобками, обрамляющими вызовы вспомогательных функций:

```
ereport(ERROR,
        (errcode(ERRCODE_DIVISION_BY_ZERO),
         errmsg("division by zero")));
```

Эти дополнительные скобки были обязательными до PostgreSQL версии 12, но сейчас они не требуются.

Более сложный пример:

```
ereport(ERROR,
        errcode(ERRCODE_AMBIGUOUS_FUNCTION),
        errmsg("function %s is not unique",
               func_signature_string(funcname, nargs,
                                     NIL, actual_arg_types)),
        errhint("Unable to choose a best candidate function. "
                "You might need to add explicit typecasts."));
```

В нём демонстрируется использование кодов форматирования для включения значений времени выполнения в текст сообщения. Также в нём добавляется дополнительное сообщение «подсказки». Вызовы вспомогательных функций можно записывать в любом порядке, но обычно сначала вызываются errcode и errmsg.

При уровне важности ERROR или более высоком, ereport прерывает выполнение текущего запроса и не возвращает управление в вызывающий код. Если уровень важности ниже ERROR, ereport завершается обычным образом.

Для ereport предлагаются следующие вспомогательные функции:

- errcode(sqlerrcode) задаёт код идентификатора ошибки SQLSTATE для данной ошибки. Если эта функция не вызывается, подразумевается идентификатор ошибки ERRCODE_INTERNAL_ERROR при уровне важности ERROR или выше, либо ERRCODE_WARNING при уровне важности WARNING, иначе (при уровне NOTICE или ниже) — ERRCODE_SUCCESSFUL_COMPLETION. Хотя эти значения по умолчанию довольно разумны, всегда стоит подумать, насколько они уместны, прежде чем опустить вызов errcode().
- errmsg(const char *msg, ...) задаёт основной текст сообщения об ошибке и, возможно, значения времени выполнения, которые будут в него включаться. Эти включения записываются кодами формата в стиле sprintf. В дополнение к стандартным кодам формата, принимаемым функцией sprintf, можно использовать код формата %m, который вставит сообщение об ошиб-

ке, возвращённое строкой `strerror` для текущего значения `errno`. [1] Для `%m` не требуется соответствующая запись в списке параметров `errmsg`. Заметьте, что эта строка будет пропущена через `gettext`, то есть может быть локализована, до обработки кодов формата.

- `errmsg_internal(const char *msg, ...)` действует как `errmsg`, но её строка сообщения не будет переводиться и включаться в словарь сообщений для интернационализации. Это следует использовать для случаев, которые «не происходят никогда», так что тратить силы на их перевод не стоит.
- `errmsg_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errmsg`, но поддерживает различные формы сообщения с множественными числами. Параметр *`fmt_singular`* задаёт строку формата на английском для единственного числа, *`fmt_plural`* — формат для множественного числа, *`n`* задаёт целое число, определяющее, какая именно форма множественного числа требуется, а остальные аргументы форматируются согласно выбранной строке формата. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 54.2.2.
- `errdetail(const char *msg, ...)` задаёт дополнительное «подробное» сообщение; оно должно использоваться, когда есть дополнительная информация, которую неуместно включать в основное сообщение. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`.
- `errdetail_internal(const char *msg, ...)` действует как `errdetail`, но её строка сообщения не будет переводиться и включаться в словарь сообщений для интернационализации. Это следует использовать для подробных сообщений, на перевод которых не стоит тратить силы, например, когда это техническая информация, непонятная большинству пользователей.
- `errdetail_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errdetail`, но поддерживает различные формы сообщения с множественными числами. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 54.2.2.
- `errdetail_log(const char *msg, ...)` подобна `errdetail`, но выводимая строка попадает только в журнал сервера, и никогда не передаётся клиенту. Если используется и `errdetail` (или один из её эквивалентов), и `errdetail_log`, тогда одна строка передаётся клиенту, а другая отправляется в журнал. Это полезно для вывода подробных сообщений, имеющих конфиденциальный характер или большой размер, так что передавать их клиенту нежелательно.
- `errdetail_log_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errdetail_log`, но поддерживает различные формы сообщения с множественными числами. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 54.2.2.
- `errhint(const char *msg, ...)` передаёт дополнительное сообщение «подсказки»; это позволяет предложить решение проблемы, а не просто сообщить факты, связанные с ней. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`.
- `errcontext(const char *msg, ...)` обычно не вызывается непосредственно с места вызова `ereport`, а используется в функциях обратного вызова `error_context_stack` и выдаёт информацию о контексте, в котором произошла ошибка, например, о текущем положении в функции PL. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`. В отличие от других вспомогательных функций, внутри вызова `ereport` её можно вызывать неоднократно; добавляемые таким образом последовательные сообщения складываются через символы перевода строк.
- `errposition(int cursorpos)` задаёт положение ошибки в тексте запроса. В настоящее время это полезно только для ошибок, выявляемых на этапах лексического и синтаксического анализа запроса.
- `errtable(Relation rel)` определяет отношение, имя и схема которого должны быть включены во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errtablecol(Relation rel, int attnum)` определяет столбец, имя которого, вместе с именем таблицы и схемы, должно быть включено во вспомогательные поля сообщения об ошибке.

[1] То есть значение, которое было текущим, когда была вызвана `ereport`; изменения `errno` во вспомогательных функциях выдачи сообщений на него не повлияют. Это будет не так, если вы запишете `strerror(errno)` явно в списке параметров `errmsg`; поэтому делать так не нужно.

- `errtableconstraint(Relation rel, const char *conname)` задаёт имя ограничения таблицы, которое вместе с именем таблицы и схемы должно быть включено во вспомогательные поля сообщения об ошибке. В данном контексте индекс считается ограничением, независимо от того, имеется ли для него запись в `pg_constraint`. Заметьте, что при этом в качестве `rel` нужно передавать нижележащее отношение, а не сам индекс.
- `errdatatype(Oid datatypeOid)` задаёт тип данных, имя которого, вместе с именем схемы, должно включаться во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errdomainconstraint(Oid datatypeOid, const char *conname)` задаёт имя ограничения домена, которое вместе с именем домена и схемы должно включаться во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errcode_for_file_access()` — вспомогательная функция, выбирающая подходящий идентификатор SQLSTATE при сбое в системном вызове, в котором происходит обращение к файловой системе. Какой код ошибки генерировать, она определяет по сохранённому значению `errno`. Обычно это используется в сочетании с `%m` в основном сообщении об ошибке.
- `errcode_for_socket_access()` — вспомогательная функция, выбирающая подходящий идентификатор SQLSTATE при сбое в системном вызове, в котором происходит обращение к сокетам.
- `errhidestmt(bool hide_stmt)` может быть вызвана для подавления вывода поля `ОПЕРАТОР:` (`STATEMENT:`) в журнал сервера. Обычно это уместно, когда само сообщение включает текст текущего оператора.
- `errhidecontext(bool hide_ctx)` может быть вызвана для подавления вывода поля `КОНТЕКСТ:` (`CONTEXT:`) в журнал сервера. Это следует использовать только для подробных отладочных сообщений, в которых одна и та же информация о контексте, выводимая в журнал, будет только чрезмерно замусоривать его.

> **Примечание**
>
> В вызове `ereport` следует использовать максимум одну из функций `errtable`, `errtablecol`, `errtableconstraint`, `errdatatype` или `errdomainconstraint`. Данные функции существуют для того, чтобы приложения могли извлечь имя объекта базы данных, связанного с условием ошибки, так, чтобы для этого им не требовалось разбирать текст ошибки, возможно локализованный. Эти функции должны использоваться в случае ошибок, для которых может быть желательной автоматическая обработка. Для версии PostgreSQL 9.3 этот подход распространяется полностью только на ошибки класса SQLSTATE 23 (нарушение целостности ограничения), но в будущем область его применения может быть расширена.

Существует также более старая, но тем не менее активно используемая функция `elog`. Вызов `elog`:

```
elog(level, "format string", ...);
```

полностью равнозначен вызову:

```
ereport(level, errmsg_internal("format string", ...));
```

Заметьте, что код ошибки SQLSTATE всегда определяется неявно, а строка сообщения не подлежит переводу. Таким образом, `elog` следует использовать только для внутренних ошибок и отладки на низком уровне. Любое сообщение, которое может представлять интерес для обычных пользователей, должно проходить через `ereport`. Тем не менее в системе есть достаточно много внутренних проверок для случаев, «которые не должны происходить», и в них по-прежнему широко используется `elog`; для таких сообщений эта функция предпочитается из-за простоты записи.

Советы по написанию хороших сообщений об ошибках можно найти в Разделе 53.3.

53.3. Руководство по стилю сообщений об ошибках

Это руководство по стилю предлагается в надежде обеспечить единообразный и понятный пользователю стиль для всех сообщений, которые выдаёт PostgreSQL.

53.3.1. Что и куда выводить

Основное сообщение должно быть кратким, фактологическим и, по возможности, не говорить о тонкостях реализации, например, не упоминать конкретные имена функций. Под «кратким» понимается «должно умещаться в одной строке при обычных условиях». Дополнительное подробное сообщение добавляется, когда краткого сообщения недостаточно, или вы считаете, что нужно упомянуть какие-то внутренние детали, например, конкретный системный вызов, в котором произошла ошибка. И основное, и подробное сообщения должны сообщать исключительно факты. Чтобы предложить решение проблемы, особенно, если это решение может быть применимо не всегда, передайте его в сообщении-подсказке.

Например, вместо:

```
IpcMemoryCreate: ошибка в shmget(ключ=%d, размер=%u, 0%o): %m
(плюс длинное дополнение, по сути представляющее собой подсказку)
```

следует записать:

```
Основное:    не удалось создать сегмент разделяемой памяти: %m
Подробное:   Ошибка в системном вызове shmget(key=%d, size=%u, 0%o).
Подсказка:   дополнительный текст
```

Объяснение: когда основное сообщение достаточно краткое, клиенты могут выделить для него место на экране в предположении, что одной строки будет достаточно. Подробное сообщение и подсказка могут выводиться в режиме дополнительных сведений или, возможно, в разворачивающемся окне «ошибка-подробности». Кроме того, подробности и подсказки обычно не записываются в журнал сервера для сокращения его объёма. Детали реализации лучше опускать, так как пользователи не должны в них разбираться.

53.3.2. Форматирование

Не полагайтесь на какое-либо определённое форматирование в тексте сообщений. Следует ожидать, что в клиентском интерфейсе и в журнале сервера длинные строки будут переноситься в зависимости от ситуации. В длинных сообщениях можно обозначить предполагаемые места разрыва абзацев символами новой строки (\n). Завершать сообщение этим символом не нужно. Также не используйте табуляции или другие символы форматирования. (При выводе контекста ошибок автоматически добавляются символы перевода строки для разделения уровней контекста, например, вызовов функций.)

Объяснение: сообщение не обязательно будет выводиться в интерфейсе терминального типа. В графических интерфейсах или браузерах эти инструкции форматирования в лучшем случае игнорируются.

53.3.3. Символы кавычек

В тексте на английском языке везде, где это уместно, следует использовать двойные кавычки. В тексте на других языках следует единообразно использовать тот тип кавычек, который принят для печати вывода других программ.

Объяснение: выбор двойных кавычек вместо апострофов несколько своевольный, но ему сейчас отдаётся предпочтение. Некоторые разработчики предлагали выбирать тип кавычек в зависимости от типа объекта, следуя соглашениям SQL (а именно, строки заключать в апострофы, а идентификаторы в кавычки). Но это внутренняя техническая особенность языка, о которой многие пользователи даже не догадываются; кроме того, это нельзя распространить на другие типы сущностей в кавычках, не всегда можно перевести на другие языки и к тому же довольно бессмысленно.

53.3.4. Использование кавычек

Всегда используйте кавычки для заключения имён файлов, задаваемых пользователем идентификаторов и других переменных, которые могут содержать слова. Не заключайте в кавычки переменные, которые никогда не будут содержать слова (например, имена операторов).

В коде сервера есть функции, которые при необходимости сами заключают выводимый результат в кавычки (например, `format_type_be()`). Дополнительные кавычки вокруг результата таких функций добавлять не следует.

Объяснение: у объектов могут быть имена, создающие двусмысленность, когда они появляются в сообщении. Всегда одинаково обозначайте, где начинается и где заканчивается встроенное имя. Но не загромождайте сообщения ненужными или повторными знаками кавычек.

53.3.5. Грамматика и пунктуация

Правила для основного сообщения и дополнительного сообщения/подсказки различаются:

Основное сообщение об ошибке: не делайте первую букву заглавной. Не завершайте сообщение точкой. Даже не думайте о том, чтобы завершить сообщение восклицательным знаком!

Подробное сообщение и подсказка: пишите полные предложения и завершайте каждое точкой. Начинайте первое слово предложения с большой буквы. Добавляйте два пробела после точки, если за одним предложением следует другое (для английского текста; может не подходить для других языков).

Строка с контекстом ошибки: не делайте первую букву заглавной и не завершайте строку точкой. Строки контекста обычно не должны быть полными предложениями.

Объяснение: при отсутствии знаков пунктуации клиентским приложениям проще вставить сообщение в самые разные грамматические контексты. Часто основные сообщения всё равно не являются грамматически полными предложениями. (Если сообщение настолько длинное, что занимает не одно предложение, его следует поделить на основную и дополнительную часть.) Однако подробные сообщения и подсказки по определению длиннее и могут содержать несколько предложений. Единообразия ради, они должны следовать стилю полного предложения, даже если предложение всего одно.

53.3.6. Верхний регистр или нижний регистр

Пишите сообщение в нижнем регистре, включая первую букву основного сообщения об ошибке. Используйте верхний регистр для команд SQL и ключевых слов, если они выводятся в сообщении.

Объяснение: так проще сделать, чтобы всё выглядело единообразно, так как некоторые сообщения могут быть полными предложениями, а другие нет.

53.3.7. Избегайте пассивного залога

Используйте активный залог. Когда есть действующий субъект, формулируйте полные предложения («A не удалось сделать B»). Используйте телеграфный стиль без субъекта, если субъект — сама программа; не пишите «я» от имени программы.

Объяснение: программа — не человек. Не создавайте впечатление, что это не так.

53.3.8. Настоящее или прошедшее время

Используйте прошедшее время, если попытка сделать что-то не удалась, но может быть успешной в следующий раз (возможно, после устранения некоторой проблемы). Используйте настоящее время, если ошибка, определённо, постоянная.

Есть нетривиальное смысловое различие между предложениями вида:

```
не удалось открыть файл "%s": %m
```

и:

```
нельзя открыть файл "%s"
```

Первое означает, что попытка открыть файл не удалась. Сообщение должно сообщать причину, например, «переполнение диска» или «файл не существует». Прошедшее время уместно, потому что в следующий раз диск может быть не переполнен или запрошенный файл будет найден.

Вторая форма показывает, что функциональность открытия файла с заданным именем полностью отсутствует в программе, либо это невозможно в принципе. Настоящее время в этом случае уместно, так как это условие будет сохраняться неопределённое время.

Объяснение: конечно, средний пользователь не сможет сделать глубокие выводы, проанализировав синтаксическое время, но если язык даёт нам возможность такого выражения, мы должны использовать это корректно.

53.3.9. Тип объекта

Цитируя имя объекта, указывайте также его тип.

Объяснение: иначе никто не поймёт, к чему относится «foo.bar.baz».

53.3.10. Скобки

Квадратные скобки должны использоваться только (1) в описаниях команд и обозначать необязательные аргументы, либо (2) для обозначения индекса массива.

Объяснение: все другие варианты их использования не являются общепринятыми и будут вводить в заблуждение.

53.3.11. Сборка сообщений об ошибках

Когда сообщение включает текст, сгенерированный в другом месте, внедряйте его следующим образом:

```
не удалось открыть файл %s: %m
```

Объяснение: довольно сложно учесть все возможные варианты ошибок, которые будут вставляться в предложение, чтобы оно при этом оставалось складным, поэтому требуется какая-то пунктуация. Было предложение заключать включаемый текст в скобки, но это не вполне естественно, если этот текст содержит наиболее важную часть сообщения, что часто имеет место.

53.3.12. Причины ошибок

Сообщения должны всегда сообщать о причине произошедшей ошибки. Например:

```
ПЛОХО:  не удалось открыть файл %s
ЛУЧШЕ:  не удалось открыть файл %s (ошибка ввода/вывода)
```

Если причина неизвестна, лучше исправить код.

53.3.13. Имена функций

Не включайте в текст ошибки имя функции, в которой возникла ошибка. У нас есть другие механизмы, позволяющие узнать его, когда требуется, а для большинства пользователей это бесполезная информация. Если текст ошибки оказывается бессвязным без имени функции, перефразируйте его.

```
ПЛОХО:  pg_strtoint32: ошибка в "z": не удалось разобрать "z"
ЛУЧШЕ:  неверное значение для целого числа: "z"
```

Избегайте упоминания имён вызываемых функций; вместо этого скажите, что пытается делать код:

```
ПЛОХО:  ошибка в open(): %m
ЛУЧШЕ:  не удалось открыть файл %s: %m
```

Если это действительно кажется необходимым, упомяните системный вызов в подробном сообщении. (В некоторых случаях в подробном сообщении стоит показать фактические значения, передаваемые системному вызову.)

Объяснение: пользователи не знают, что делают все эти функции.

53.3.14. Скользкие слова, которых следует избегать

Unable (Неспособен). «Unable» — это почти пассивный залог. Лучше использовать «cannot» (нельзя) или «could not» (не удалось), в зависимости от ситуации.

Bad (Плохое). Сообщения об ошибках типа «bad result» (плохой результат) трудно воспринять осмысленно. Лучше написать, почему результат «плохой», например, «invalid format» (неверный формат).

Illegal (Нелегальное). «Illegal» (нелегально) — то, что нарушает закон, всё остальное можно называть «invalid» (неверным). Опять же лучше сказать, почему что-то неверное.

Unknown (Неизвестное). Постарайтесь исключить «unknown» (неизвестное). Взгляните на сообщение: «error: unknown response» (ошибка: неизвестный ответ). Если вы не знаете, что за ответ получен, как вы поняли, что он ошибочный? Вместо этого часто лучше сказать «unrecognized» (нераспознанный). Также обязательно добавьте значение, которое не было воспринято.

```
ПЛОХО:  неизвестный тип узла
ЛУЧШЕ:  нераспознанный тип узла: 42
```

«Не найдено» или «не существует». Если программа выполняет поиск ресурса, используя нетривиальный алгоритм (например, поиск по пути), и этот алгоритм не срабатывает, лучше честно сказать, что программа не смогла «найти» ресурс. С другой стороны, если ожидаемое расположение ресурса точно известно, но программа не может обратиться к нему, скажите, что этот ресурс не «существует». Формулировка с глаголом «найти» в данном случае звучит слабо и затрудняет понимание.

Разрешено, могу или возможно. «May» (разрешено) подразумевает разрешение (например, «Вам разрешено воспользоваться моими граблями.») и этому практически нет применения в документации или сообщениях об ошибках. «Can» (могу) подразумевает способность (например, «Я могу поднять это бревно.»), а «might» (возможно) подразумевает возможность (например, «Сегодня возможен дождь.»). Использование подходящего слова проясняет значение и облегчает перевод.

Сокращения. Избегайте сокращений, например «can't»; вместо это напишите «cannot».

Неотрицательный. Избегайте определения «неотрицательный», так как может быть непонятно, включает ли оно ноль. Лучше использовать выражения «больше нуля» или «больше или равно нулю».

53.3.15. Правильное написание

Пишите слова полностью. Например, избегайте (в английском):

- spec
- stats
- parens
- auth
- xact

Объяснение: так сообщения будут единообразными.

53.3.16. Локализация

Помните, что текст сообщений должен переводиться на другие языки. Следуйте советам, приведённым в Подразделе 54.2.2, чтобы излишне не усложнять жизнь переводчикам.

53.4. Различные соглашения по оформлению кода

53.4.1. Стандарт C

Код в PostgreSQL должен использовать только те возможности языка, что описаны в стандарте C99. Это означает, что код postgres должен успешно компилироваться компилятором, поддерживающим C99, возможно, за исключением нескольких платформозависимых мест.

Некоторые возможности, вошедшие в стандарт C99, в настоящее время использовать в коде ядра PostgreSQL нельзя. В данный момент это массивы переменного размера, перемежающиеся с кодом объявления, комментарии `//` и универсальные символьные имена. Данный запрет объясняется соображениями переносимости и исторически сложившейся практикой.

Возможности более поздних ревизий стандарта C или специфические особенности компилятора могут использоваться, только если предусмотрен и вариант компиляции без них.

Например, в настоящее время используются конструкции `_Static_assert()` и `__builtin_constant_p`, хотя они относятся к более новым ревизиям стандарта C и расширению GCC, соответственно. Но если они недоступны, мы переходим к совместимой с C99 замене, которая выполняет те же проверки, но выдаёт довольно непонятные сообщения, и не используем `__builtin_constant_p`.

53.4.2. Внедрённые функции и макросы, подобные функциям

Допускается использование и макросов с аргументами, и функций `static inline`. Последний вариант предпочтительнее, если возникает риск множественного вычисления выражений в макросе, как например в случае с

```
#define Max(x, y)       ((x) > (y) ? (x) : (y))
```

или когда макрос может быть слишком объёмным. В других случаях использовать макросы — единственный, или как минимум более простой вариант. Например, может быть полезна возможность передавать макросу выражения различных типов.

Когда определение внедрённой функции обращается к символам (переменным, функциям), доступным только в серверном коде, такая функция не должна быть видна при включении в клиентский код.

```
#ifndef FRONTEND
static inline MemoryContext
MemoryContextSwitchTo(MemoryContext context)
{
    MemoryContext old = CurrentMemoryContext;

    CurrentMemoryContext = context;
    return old;
}
#endif   /* FRONTEND */
```

В этом примере вызывается функция `CurrentMemoryContext`, существующая только на стороне сервера, и поэтому функция скрыта директивой `#ifndef FRONTEND`. Это правило введено, потому что некоторые компиляторы генерируют указатели на символы, фигурирующие во внедрённых функциях, даже когда эти функции не используются.

53.4.3. Написание обработчиков сигналов

Чтобы код мог выполняться внутри обработчика сигналов, его нужно написать очень аккуратно. Фундаментальная сложность состоит в том, что обработчик сигнала может прервать код в любой момент, если он не отключён. Если код внутри обработчика сигнала использует то же состояние, что и внешний основной код, это может привести к хаосу. В качестве примера представьте, что произойдёт, если обработчик сигнала попытается получить ту же блокировку, которой уже владеет прерванный код.

Если не предпринимать специальных мер, код в обработчиках сигналов может вызывать только безопасные с точки зрения асинхронных сигналов функции (как это определяется в POSIX) и обращаться к переменным типа `volatile sig_atomic_t`. Также безопасными для обработчиков сигналов считаются несколько функций в `postgres`, в том числе, что важно, `SetLatch()`.

В большинстве случаев обработчики событий должны только сообщить о поступлении сигнала и пробудить код снаружи обработчика, используя защёлку. Например, обработчик может быть таким:

```
static void
handle_sighup(SIGNAL_ARGS)
{
    int         save_errno = errno;

    got_SIGHUP = true;
    SetLatch(MyLatch);

    errno = save_errno;
}
```

Переменная `errno` сохраняется и восстанавливается, так как её может изменить `SetLatch()`. Если этого не сделать, прерванный код, считывая `errno`, мог бы получить некорректное значение.

53.4.4. Вызов функций по указателям

Вызов функции по указателю может записываться по-разному. Ясности ради, когда указатель на функцию — простая переменная, предпочтительным вариантом считается запись с явным разыменованием указателя, например:

```
(*emit_log_hook) (edata);
```

(хотя будет работать и просто `emit_log_hook(edata)`). Когда указатель на функции является частью структуры, дополнительные знаки пунктуации можно и обычно даже нужно опускать, например:

```
paramInfo->paramFetch(paramInfo, paramId);
```

Глава 54. Языковая поддержка

54.1. Переводчику

Программы PostgreSQL (серверные и клиентские) могут выдавать сообщения на предпочитаемом вами языке — если эти сообщения были переведены. Создание и поддержка переведённых наборов сообщений предполагает помощь со стороны людей, которые хорошо говорят на своём языке и хотят сотрудничать с PostgreSQL. Для этого совершенно не обязательно быть программистом. В данном разделе объясняется, как можно помочь.

54.1.1. Требования

Мы не будем оценивать ваши языковые навыки — данный раздел посвящён средствам программного обеспечения. Теоретически, требуется лишь текстовый редактор. Но, скорее всего, вы захотите проверить свои переведённые сообщения. Когда вы выполняете `configure`, обязательно используйте параметр `--enable-nls`. Это также проверит библиотеку libintl и программу `msgfmt`, которые понадобятся всем пользователям в любом случае. Чтобы проверить свою работу, следуйте соответствующим разделам инструкций по установке.

Если вы захотите выполнить перевод или слияние каталога сообщений (описано ниже), вам понадобятся, соответственно, программы `xgettext` и `msgmerge` в GNU-совместимой реализации. Позднее, мы постараемся сделать так, что если вы будете использовать дистрибутив исходников, вам не понадобится `xgettext`. (При работе с Git, вам всё же это будет необходимо). В настоящее время рекомендуется GNU Gettext 0.10.36 или более поздняя версия.

К вашей реализации gettext должна прилагаться документация. Некоторая её часть, возможно, будет продублирована ниже, но более подробную информацию следует искать там.

54.1.2. Основные понятия

Пары оригинальных (английских) сообщений и их (предположительно) переведённых эквивалентов хранятся в *каталогах сообщений*, по одному для каждой программы (хотя связанные программы могут иметь общий каталог) и для каждого языка перевода. Существует два формата, поддерживающих каталоги сообщений: Первый — «PO» (Portable Object, переносимый объект), который является простым текстовым файлом с особым синтаксисом, редактируемый переводчиками. Второй — «MO» (Machine Object, машинный объект), который является двоичным файлом, генерируемым из соответствующего файла PO, и используется при выполнении интернационализированной программы. Переводчики не работают с файлами MO; фактически с ними едва ли кто-то работает напрямую.

Файл каталога сообщений, как можно было предположить, имеет расширение `.po` или `.mo`. Базовым именем является либо имя сопровождаемой им программы, либо язык, для которого создан файл, в зависимости от ситуации. Это создаёт некоторую путаницу. Например, `psql.po` (файл PO для psql) или `fr.mo` (файл MO на французском).

Здесь проиллюстрирован формат файлов PO:

```
# comment

msgid "original string"
msgstr "translated string"

msgid "more original"
msgstr "another translated"
"string can be broken up like this"

...
```

Строки msgid извлекаются из исходного кода программы (что необязательно, но это наиболее распространённый способ). Строки msgstr изначально пусты, и переводчик заполняет их переводами.

Строки могут содержать экранирующие спецсимволы в стиле C и занимать несколько строк, как в приведённом примере. (Следующая строка должна начинаться с начала строки.)

Символ # обозначает начало комментария. Если сразу за символом # следует пробел, то этим комментарием управляет переводчик. Комментарии также могут быть автоматическими, у которых сразу за # следует символ, отличный от пробела. Они управляются различными инструментами, которые работают с файлами PO и предназначены для переводчиков.

```
#. automatic comment
#: filename.c:1023
#, flags, flags
```

Комментарии в стиле #. извлекаются из исходного файла, где используется сообщение. Возможно, программист вставил информацию для переводчика, например, о предполагаемом выравнивании. Комментарий #: указывает точные места, где сообщение используется в исходном коде. Переводчику не нужно смотреть на исходный код программы, но он может это сделать, если сомневается в точности перевода. Комментарии #, содержат флаги, которые некоторым образом описывают сообщение. В настоящее время существует два флага: `fuzzy` устанавливается, если сообщение, возможно, стало неактуально по причине изменений в исходном коде программы. Переводчик может проверить это и, возможно, удалить флаг fuzzy. Заметьте, что fuzzy сообщения недоступны конечному пользователю. Другой флаг это `c-format`, который указывает, что сообщение является шаблоном формата в стиле `printf`. Это означает, что перевод также должен быть строкой формата с таким же количеством и типом «заполнителей». Существуют средства, которые распознают и проверяют флаги c-format.

54.1.3. Создание и управление каталогами сообщений

Итак, как же создать «blank» каталог сообщений? Во-первых, зайдите в каталог, содержащий программу, сообщения которой необходимо перевести. Если имеется файл `nls.mk`, данная программа подготовлена к переводу.

Если уже есть некоторые `.po` файлы, то кто-то уже занимался переводом. Файлы получают имя *`язык`*`.po`, где *`язык`* — *двухбуквенный языковой код ISO 639-1 (в нижнем регистре)*, например, `fr.po` для французского. Если требуется больше одного перевода на какой-либо язык, файлы могут также быть названы *`язык_регион`*`.po`, где *`регион`* — *двухбуквенный код страны ISO 3166-1 (в верхнем регистре)*, например, `pt_BR.po` для португальского в Бразилии. Если найден необходимый язык, можно просто начать работать над этим файлом.

Если необходимо начать новый перевод, сначала выполните команду:

```
make init-po
```

В результате будет создан файл *`progname`*`.pot`. (`.pot`, чтобы отличать его от файлов PO, находящихся «в эксплуатации». `T` означает «шаблон».) Скопируйте данный файл в *`language`*`.po` и редактируйте его. Чтобы сообщить о том, что новый язык доступен, также редактируйте файл `nls.mk` и добавляйте языковой код (или код языка и страны) к строке, которая выглядит следующим образом:

```
AVAIL_LANGUAGES := de fr
```

(Конечно, и другие языки могут появиться.)

По мере развития базовой программы или библиотеки, сообщения могут быть изменены или добавлены программистами. В этом случае нет необходимости начинать с нуля. Вместо этого выполните команду:

```
make update-po
```

что создаст новый пустой файл каталога сообщений (файл с расширением pot, с которого вы начали) и объединит его с существующими файлами PO. Если алгоритм слияния не распознаёт конкретное сообщение, он ставит пометку «fuzzy», как говорилось выше. Новый файл PO сохраняется с расширением `.po.new`.

54.1.4. Редактирование файлов PO

Файлы PO можно редактировать при помощи обычного текстового редактора. Переводчику нужно лишь вставить перевод между кавычками после директивы msgstr, добавить комментарии и изменить флаг fuzzy. Существует также режим PO для Emacs, который представляется довольно полезным.

Файлы PO не обязательно должны быть полностью заполнены. Программа автоматически вернётся к использованию исходной строки, если перевод недоступен (или отсутствует). Вы вполне можете предлагать для включения в исходный код неполный перевод; это даст возможность другим продолжить работу над ним. Однако после слияния рекомендуется в первую очередь удалить ненужные неточные соответствия. Помните, что неточные соответствия в итоге не будут использоваться, они могут лишь подсказывать, каким мог бы быть перевод похожей строки.

Ниже описаны моменты, которые следует учитывать при редактировании переводов:

- Если оригинал заканчивается переводом строки, важно, чтобы это было отражено и в переводе. То же относится к табуляции, и т. п.
- Если оригиналом является строка форматирования `printf`, то перевод должен иметь такой же вид. Перевод также должен иметь те же спецификаторы формата в том же порядке. Иногда правила языка таковы, что это невозможно или как минимум нелепо. В таком случае можно модифицировать спецификаторы формата подобным образом:

  ```
  msgstr "Die Datei %2$s hat %1$u Zeichen."
  ```

  Тогда первый заполнитель просто использует второй аргумент из списка.*`digits$`* должен стоять сразу за % до любых других модификаторов формата. (Эта возможность действительно существует в семействе функций `printf`. Вы, возможно, не слышали о ней раньше, потому что она мало используется где-либо кроме интернационализации сообщений.)
- Если исходная строка содержит лингвистическую ошибку, сообщите об этом (или исправьте самостоятельно в исходном коде программы) и переведите правильно. Верная строка может быть добавлена, когда исходный программный код будет обновлен. Если исходная строка содержит фактическую ошибку, сообщите об этом (или исправьте самостоятельно) и не переводите её. Вместо этого, можно отметить строку, оставив комментарий в файле PO.
- Сохраняйте стиль и тон исходной строки. В частности, сообщения, не являющиеся предложениями (`cannot open file %s`), вероятно, не следует начинать с заглавной буквы (если в вашем языке есть разделение на регистры) или заканчивать точкой (если в вашем языке используются знаки препинания). Дополнительно см. Раздел 53.3.
- Если вы не знаете, что означает какое-либо сообщение, или если оно допускает двоякое толкование, обратитесь за помощью через список рассылки разработчиков. По всей вероятности, англоговорящие пользователи могут также его не понять или найти двусмысленным, поэтому лучше исправить это сообщение.

54.2. Программисту

54.2.1. Механизмы

В данном разделе описывается, как добавить языковую поддержку в программе или библиотеке, которая является частью дистрибутива PostgreSQL. В настоящий момент это относится только к программам на языке C.

Добавление языковой поддержки для программы

1. Вставьте этот код в начало программы:

   ```
   #ifdef ENABLE_NLS
   #include <locale.h>
   #endif
   ```

```
...

#ifdef ENABLE_NLS
setlocale(LC_ALL, "");
bindtextdomain("progname", LOCALEDIR);
textdomain("progname");
#endif
```

(*progname* фактически может быть выбрана произвольно.)

2. Везде, где сообщение нуждается в переводе, необходимо вставить вызов `gettext()`. Например:

   ```
   fprintf(stderr, "panic level %d\n", lvl);
   ```

   нужно заменить на:

   ```
   fprintf(stderr, gettext("panic level %d\n"), lvl);
   ```

   (`gettext` определяется как холостая команда, если NLS поддержка не настроена.)

   Это часто приводит к немалой путанице. Один из распространённых подходов в этом случае:

   ```
   #define _(x) gettext(x)
   ```

   Ещё одно решение допустимо, если программа часто выполняет обмен данными через одну или несколько функций, таких как `ereport()` в серверном процессе. Тогда вы выполняете внутренний вызов функции `gettext` для каждой входящей строки.

3. Добавьте файл `nls.mk` в каталог с исходными кодами программы. Данный файл будет считаться сборочным файлом (makefile). В нём необходимо выполнить присваивание значений для следующих переменных:

   `CATALOG_NAME`

   Имя программы, которое указано в вызове `textdomain()`.

   `AVAIL_LANGUAGES`

   Список выполненных переводов (изначально пустой).

   `GETTEXT_FILES`

   Список файлов, которые содержат подлежащие переводу строки, т. е. помеченные `gettext` или альтернативным решением. В итоге, в него будут включены почти все исходные файлы программы. Если список станет слишком длинным, можно первый «file» сделать `+` а второе слово — файлом, который содержит по одному имени файла на строку.

   `GETTEXT_TRIGGERS`

   Утилитам, которые генерируют каталоги сообщений для работы переводчиков, должно быть известно, какие вызовы функции содержат строки, подлежащие переводу. По умолчанию распознаются только вызовы `gettext()`. Если вы использовали `_` или другие идентификаторы, необходимо перечислить их здесь. Если подлежащая переводу строка не является первым аргументом, необходимо, чтобы элемент имел форму `func:2` (для второго аргумента). Если функция поддерживает сообщения в форме множественного числа, элемент должен выглядеть следующим образом `func:1,2` (идентификация аргументов в виде сообщений в форме единственного и множественного числа).

Система сборки автоматически соберёт и установит каталоги сообщений.

54.2.2. Рекомендации по написанию сообщений

Ниже описаны некоторые рекомендации по написанию сообщений, которые легко перевести.

- Не составляйте предложения во время выполнения. Например:

  ```
  printf("Files were %s.\n", flag ? "copied" : "removed");
  ```

Порядок слов в предложении может отличаться в других языках. Также, даже если вы не забываете вызывать `gettext()` для каждого фрагмента, возможно, что по отдельности они не будут переведены хорошо. Лучше продублировать небольшую часть кода, чтобы каждое сообщение было переведено как единое целое. Лишь цифры, имена файлов и подобные текущие переменные следует вставлять в текст сообщения во время выполнения.

- По тем же причинам следующий подход не будет работать:

  ```
  printf("copied %d file%s", n, n!=1 ? "s" : "");
  ```

  так как это подразумевает, как формируется форма множественного числа. Если вы думаете, что сможете решить это таким способом:

  ```
  if (n==1)
      printf("copied 1 file");
  else
      printf("copied %d files", n):
  ```

  возможно, вы будете разочарованы. В некоторых языках существует более двух форм, и они образуются по особым правилам. Обычно лучше сформулировать сообщение, которое позволит полностью избежать этой проблемы, например:

  ```
  printf("number of copied files: %d", n);
  ```

  Если вы действительно хотите формировать правильно составленные сообщения в форме множественного числа, есть способ этого добиться, но это несколько неудобно. При генерировании первичного или детализированного сообщения об ошибке в `ereport()`, можно написать так:

  ```
  errmsg_plural("copied %d file",
                "copied %d files",
                n,
                n)
  ```

  Первым аргументом является строка формата, соответствующая форме единственного числа в английском языке, вторым аргументом — строка формата, соответствующая форме множественного числа в английском языке, и третьим аргументом — управляющее целочисленное значение, которое определяет, какую форму (единственного или множественного числа) использовать. Последующие аргументы форматируются на основе строки формата, как обычно. (Как правило, значение аргумента для управления формой множественного числа будет также одним из значений, подлежащих форматированию, поэтому оно должно быть записано дважды.) В английском языке важно лишь, является ли значение *n* единицей или нет, но в других языках может быть много различных форм множественного числа. Переводчик рассматривает две английские формы как группу и имеет возможность задать несколько вариантов замены строк, при этом подходящий вариант выбирается исходя из текущего значения *n*.

  Если вам нужно составить сообщение в форме множественного числа, которое не используется непосредственно при выводе сообщений в `errmsg` или `errdetail`, вы должны воспользоваться базовой функцией `ngettext`. См. документацию по gettext.

- Если вы хотите передать какую-либо информацию переводчику, например о том, насколько сообщение соотносится с другими выходными данными, перед строкой должен появиться комментарий, который начинается с `translator`, например:

  ```
  /* translator: This message is not what it seems to be. */
  ```

  Эти комментарии копируются в файлы каталога сообщений, чтобы переводчик мог их видеть.

Глава 55. Написание обработчика процедурного языка

Все функции, написанные на языке, вызываемом не через текущий интерфейс «версии 1» для компилируемых языков (а именно, это функции на процедурных языках и функции, написанные на SQL) выполняются через *обработчик вызова* для заданного языка. Задача такого обработчика вызова — выполнить функцию должным образом, например, интерпретируя для этого её исходный текст. В этой главе в общих чертах рассказывается, как можно написать обработчик нового процедурного языка.

Обработчик вызова процедурного языка — это «обычная» функция, которая разрабатывается на компилируемом языке, таком как C, вызывается через интерфейс версии 1, и регистрируется в PostgreSQL как не принимающая аргументы и возвращающая тип `language_handler`. Этот специальный псевдотип помечает функцию как обработчик вызова и препятствует её вызову непосредственно из команд SQL. Более подробно соглашение о вызовах и динамическая загрузка кода на C описывается в Разделе 37.10.

Обработчик вызова вызывается так же, как и любая другая функция: он получает указатель на переменную `struct FunctionCallInfoBaseData`, содержащую значения аргументов и информацию о вызываемой функции, и должен вернуть результат типа `Datum` (и, возможно, установить признак `isnull` в структуре `FunctionCallInfoBaseData`, если нужно вернуть результат SQL NULL). Отличие обработчика вызова от обычной вызываемой функции состоит в том, что поле `flinfo->fn_oid` структуры `FunctionCallInfoBaseData` для него будет содержать OID вызываемой функции, а не самого обработчика. По этому OID обработчик вызова должен понять, какую функцию вызывать. Кроме того, список передаваемых аргументов для него формируется в соответствии с объявлением целевой функции, а не обработчика вызова.

Обработчик вызова сам должен выбрать запись функции из системного каталога `pg_proc` и проанализировать типы аргументов и результата вызываемой функции. Содержимое предложения `AS` команды `CREATE FUNCTION` для этой функции будет находиться в столбце `prosrc` строки в `pg_proc`. Обычно это исходный текст на процедурном языке, но в принципе это может быть и что-то другое, например, путь к файлу или иные данные, говорящие обработчику вызова, что именно делать.

Часто функция многократно вызывается в одном SQL-операторе. Чтобы в таких случаях избежать повторных обращений за информацией о вызываемой функции, обработчик вызова может воспользоваться полем `flinfo->fn_extra`. Изначально оно содержит `NULL`, но обработчик вызова может поместить в него указатель на требуемую информацию. При последующих вызовах, если поле `flinfo->fn_extra` будет отлично от `NULL`, им можно воспользоваться и пропустить шаг получения этой информации. Обработчик вызова должен позаботиться о том, чтобы указатель в `flinfo->fn_extra` указывал на блок памяти, который не будет освобождён раньше, чем завершится запрос (именно столько может существовать структура `FmgrInfo`). В качестве одного из вариантов, этого можно добиться, разместив дополнительные данные в контексте памяти, заданном в `flinfo->fn_mcxt`; срок жизни таких данных обычно совпадает со сроком жизни самой структуры `FmgrInfo`. С другой стороны, обработчик может выбрать и более долгоживущий контекст памяти с тем, чтобы кешировать определения функций и между запросами.

Когда функция на процедурном языке вызывается как триггер, ей не передаются аргументы обычным способом; вместо этого поле `context` в `FunctionCallInfoBaseData` указывает на структуру `TriggerData`, тогда как при обычном вызове функции оно содержит `NULL`. Обработчик языка, в свою очередь, должен каким-либо образом предоставить эту информацию функциям на этом процедурном языке.

Шаблон обработчика процедурного языка, написанный на C, выглядит так:

```
#include "postgres.h"
#include "executor/spi.h"
#include "commands/trigger.h"
```

```
#include "fmgr.h"
#include "access/heapam.h"
#include "utils/syscache.h"
#include "catalog/pg_proc.h"
#include "catalog/pg_type.h"

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(plsample_call_handler);

Datum
plsample_call_handler(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Datum          retval;

    if (CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
    {
        /*
         * Вызывается как триггерная функция
         */
        TriggerData    *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;

        retval = ...
    }
    else
    {
        /*
         * Вызывается как функция
         */

        retval = ...
    }

    return retval;
}
```

Чтобы завершить код обработчика, нужно добавить лишь несколько тысяч строк вместо многоточий.

Скомпилировав функцию-обработчик языка в загружаемый модуль (см. Подраздел 37.10.5), этот язык (plsample) можно зарегистрировать следующими командами:

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler() RETURNS language_handler
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C;
CREATE LANGUAGE plsample
    HANDLER plsample_call_handler;
```

Хотя обработчика вызова достаточно для создания простейшего процедурного языка, есть ещё две функции, которые можно реализовать дополнительно, чтобы пользоваться языком было удобнее: функция *проверки* и *обработчик внедрённого кода*. Функцию проверки можно реализовать, чтобы производить проверку синтаксиса языка во время CREATE FUNCTION. Если же реализован обработчик внедрённого кода, этот язык будет поддерживать выполнение анонимных блоков кода командой DO.

Если для процедурного языка предоставляется функция проверки, она должна быть объявлена как функция, принимающая один параметр типа `oid`. Результат функции проверки игнорируется, так что она обычно объявляется как возвращающая тип `void`. Эта функция будет вызываться в конце выполнения команды `CREATE FUNCTION`, создающей или изменяющей функцию, написанную на процедурном языке. Переданный ей OID указывает на строку в `pg_proc` для этой функции. Функция проверки должна выбрать эту строку обычным образом и произвести все необходимые проверки. Прежде всего нужно вызвать `CheckFunctionValidatorAccess()`, чтобы отличить явные вызовы этой функции от происходящих при выполнении команды `CREATE FUNCTION`. Затем обычно проверяется, например, что типы аргументов и результата функции поддерживаются языком и что тело функции синтаксически правильно для данного языка. Если функция проверки заключает, что всё в порядке, она должна просто завершиться. Если же она обнаруживает ошибку, она должна сообщить о ней через обычный механизм `ereport()`. Выданная таким образом ошибка приведёт к откату транзакции, так что определение некорректной функции зафиксировано не будет.

Функции проверки обычно должны учитывать параметр check_function_bodies: если он отключён, то дорогостоящие или зависящие от контекста проверки содержимого функции выполнять не следует. Если язык подразумевает выполнение кода в процессе компиляции, проверяющая функция должна избегать проверок, которые влекут за собой такое выполнение. В частности, указанный параметр отключает утилита pg_dump, чтобы она могла загружать функции на процедурных языках, не заботясь о побочных эффектах или зависимостях содержимого функций от других объектов базы. (Вследствие этого требования, обработчик языка не должен полагать, что функция прошла полную проверку. Смысл существования функции проверки не в том, чтобы убрать эти проверки из обработчика вызова, а в том, чтобы немедленно уведомить пользователя об очевидных ошибках при выполнении `CREATE FUNCTION`.) Хотя выбор, что именно должно проверяться, по большому счёту остаётся за функцией проверки, заметьте, что основной код `CREATE FUNCTION` выполняет присваивания `SET`, связанные с функцией, только когда `check_function_bodies` включён. Таким образом, проверки, результаты которых могут зависеть от параметров GUC, определённо должны опускаться, когда `check_function_bodies` отключён, во избежание ложных ошибок при восстановлении базы из копии.

Если для процедурного языка предоставляется обработчик встроенного кода, он должен объявляться в виде функции, принимающей один параметр типа `internal`. Результат такого обработчика игнорируется, поэтому обычно он объявляется как возвращающий тип `void`. Обработчик встроенного кода будет вызываться при выполнении оператора `DO` с данным процедурным языком. В качестве параметра ему на самом деле передаётся указатель на структуру `InlineCodeBlock`, содержащую информацию о параметрах `DO`, в частности, текст выполняемого анонимного блока внедрённого кода.

Все подобные объявления функций, а также саму команду `CREATE LANGUAGE`, рекомендуется упаковывать в *расширение* так, чтобы для установки языка было достаточно простой команды `CREATE EXTENSION`. За информацией о разработке расширений обратитесь к Разделу 37.17.

Реализация процедурных языков, включённых в стандартный дистрибутив, может послужить хорошим примером при написании собственных обработчиков языков. Её вы можете найти в подкаталоге `src/pl` дерева исходного кода. Некоторые полезные детали также можно узнать на странице справки CREATE LANGUAGE.

Глава 56. Написание обёртки сторонних данных

Все операции со сторонней таблицей производятся через созданную для неё обёртку сторонних данных, представляющую собой набор подпрограмм, которые вызывает ядро сервера. Обёртка сторонних данных отвечает за получение данных из удалённого источника данных и передачу их исполнителю запросов PostgreSQL. Чтобы поддерживалось изменение данных в сторонних таблицах, эту операцию также должна выполнять обёртка. В данной главе освещается написание обёртки сторонних данных.

Реализация обёрток сторонних данных, включённых в стандартный дистрибутив, может послужить хорошим примером при написании собственных обёрток. Её вы можете найти в подкаталоге `contrib` дерева исходного кода. Некоторые полезные детали также можно узнать на странице справки CREATE FOREIGN DATA WRAPPER.

> **Примечание**
>
> В стандарте SQL описан интерфейс для написания обёрток сторонних данных, но PostgreSQL не реализует его, так как это потребовало бы больших усилий, а данный стандартизированный API всё равно не получил широкого распространения.

56.1. Функции обёрток сторонних данных

Автор FDW (Foreign Data Wrapper, Обёртки сторонних данных) должен реализовать функцию-обработчик и может дополнительно добавить функцию проверки. Обе функции должны быть написаны на компилируемом языке, таком как C, и использовать интерфейс версии 1. Подробнее соглашение о вызовах и динамическая загрузка кода на C описывается в Разделе 37.10.

Функция-обработчик просто возвращает структуру с указателями на реализующие подпрограммы, которые будут вызываться планировщиком, исполнителем и различными служебными командами. Основная часть разработки FDW заключается в написании этих реализующих подпрограмм. Функция-обработчик должна быть зарегистрирована в PostgreSQL как функция без аргументов, возвращающая специальный псевдотип `fdw_handler`. Реализующие подпрограммы представляют собой обычные функции на C, которые не видны и не могут вызываться на уровне SQL. Они описаны в Разделе 56.2.

Функция проверки отвечает за проверку параметров, передаваемых с командами `CREATE` и `ALTER` для этой обёртки сторонних данных, а также параметров сторонних серверов, сопоставлений пользователей и сторонних таблиц, доступных через эту обёртку. Эта функция должна быть зарегистрирована как принимающая два аргумента: текстовый массив, содержащий параметры для проверки, и OID, представляющий тип объекта, с которым связаны эти параметры. Второй аргумент соответствует OID системного каталога, в котором будет сохраняться объект:

- `AttributeRelationId`
- `ForeignDataWrapperRelationId`
- `ForeignServerRelationId`
- `ForeignTableRelationId`
- `UserMappingRelationId`

. Если функция проверки отсутствует, параметры не проверяются ни при создании, ни при изменении объекта.

56.2. Подпрограммы обёртки сторонних данных

Функция-обработчик FDW возвращает структуру `FdwRoutine` (выделенную с помощью palloc), содержащую указатели на подпрограммы, которые реализуют описанные ниже функции. Из всех функций обязательными являются только те, что касаются сканирования, а остальные могут отсутствовать.

Тип структуры `FdwRoutine` объявлен в `src/include/foreign/fdwapi.h`, там же можно узнать дополнительные подробности.

56.2.1. Подпрограммы FDW для сканирования сторонних таблиц

```
void
GetForeignRelSize(PlannerInfo *root,
                  RelOptInfo *baserel,
                  Oid foreigntableid);
```

Выдаёт оценку размера отношения для сторонней таблицы. Она вызывается в начале планирования запроса, в котором сканируется сторонняя таблица. В параметре `root` передаётся общая информация планировщика о запросе, в `baserel` — информация о данной таблице, а в `foreigntableid` — OID записи в `pg_class` для данной таблицы. (Значение `foreigntableid` можно получить и из структуры данных планировщика, но простоты ради оно передаётся явно.)

Эта функция должна записать в `baserel->rows` ожидаемое число строк, которое будет получено при сканировании таблицы, с учётом фильтра, заданного ограничением выборки. Изначально в `baserel->rows` содержится просто постоянная оценка по умолчанию, которую следует заменить, если это вообще возможно. Функция также может поменять значение `baserel->width`, если она может дать лучшую оценку среднего размера строки результата. (Начальное значение зависит от типов столбцов и от среднего размера значений в них, рассчитанного при последнем `ANALYZE`.) Также эта функция может изменить значение `baserel->tuples`, если она может дать лучшую оценку общего количества строк в сторонней таблице. (Начальное значение берётся из поля `pg_class.reltuples`, которое содержит общее количество строк, полученное при последнем `ANALYZE`.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

```
void
GetForeignPaths(PlannerInfo *root,
                RelOptInfo *baserel,
                Oid foreigntableid);
```

Формирует возможные пути доступа для сканирования сторонней таблицы. Эта функция вызывается при планировании запроса. Ей передаются те же параметры, что и функции `GetForeignRelSize`, которая к этому времени уже будет вызвана.

Эта функция должна выдать минимум один путь доступа (узел `ForeignPath`) для сканирования сторонней таблицы и должна вызвать `add_path`, чтобы добавить каждый такой путь в `baserel->pathlist`. Для формирования узлов `ForeignPath` рекомендуется вызывать `create_foreignscan_path`. Данная функция может выдавать несколько путей доступа, то есть путей, для которых по заданным `pathkeys` можно получить уже отсортированный результат. Каждый путь доступа должен содержать оценки стоимости и может содержать любую частную информацию FDW, необходимую для выбора целевого метода сканирования.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

```
ForeignScan *
GetForeignPlan(PlannerInfo *root,
               RelOptInfo *baserel,
               Oid foreigntableid,
               ForeignPath *best_path,
               List *tlist,
               List *scan_clauses,
               Plan *outer_plan);
```

Создаёт узел плана ForeignScan из выбранного пути доступа к сторонней таблице. Эта функция вызывается в конце планирования запроса. Ей передаются те же параметры, что и GetForeignRelSize, плюс выбранный путь ForeignPath (до этого сформированный функциями GetForeignPaths, GetForeignJoinPaths или GetForeignUpperPaths), целевой список, который должен быть выдан этим узлом плана, условия ограничения, которые должны применяться для данного узла, и внешний вложенный подплан ForeignScan, применяемый для перепроверок, выполняемых функцией RecheckForeignScan. (Если путь задаётся для соединения, а не для базового отношения, в foreigntableid передаётся InvalidOid.)

Эта функция должна создать и выдать узел плана ForeignScan; для формирования этого узла рекомендуется использовать make_foreignscan.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

```
void
BeginForeignScan(ForeignScanState *node,
                 int eflags);
```

Начинает сканирование сторонней таблицы. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для осуществления сканирования, но не должна собственно производить сканирование (оно должно начаться с первым вызовом IterateForeignScan). Узел ForeignScanState уже был создан, но его поле fdw_state по-прежнему NULL. Информацию о сканируемой таблице можно получить через узел ForeignScanState (в частности, из нижележащего узла ForeignScan, содержащего частную информацию FDW, заданную функцией GetForeignPlan). Параметр eflags содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда (eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY) не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для ExplainForeignScan и EndForeignScan.

```
TupleTableSlot *
IterateForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Выбирает одну строку из стороннего источника и возвращает её в слоте таблицы кортежей (для этой цели следует использовать ScanTupleSlot, переданный с узлом). Когда строки заканчиваются, возвращает NULL. Инфраструктура слотов таблицы кортежей позволяет возвращать как физические, так и виртуальные кортежи; в большинстве случаев второй вариант предпочтительнее с точки зрения производительности. Заметьте, что эта функция вызывается в кратковременном контексте памяти, который будет сбрасываться между вызовами. Если вам нужна более долгоживущая память, создайте соответствующий контекст в BeginForeignScan либо используйте es_query_cxt из структуры EState, переданной с узлом.

Возвращаемые строки должны соответствовать целевому списку fdw_scan_tlist, если он передаётся, а в противном случае — типу строки сканируемой сторонней таблицы. Если вы решите для оптимизации не возвращать ненужные столбцы, в их позиции нужно вставить NULL, либо сформировать список fdw_scan_tlist без этих столбцов.

Заметьте, что для исполнителя PostgreSQL не важно, удовлетворяют ли возвращаемые строки каким-либо ограничениям, определённым для сторонней таблицы — но это важно для планировщика, так что запросы могут оптимизироваться некорректно, если в сторонней таблице будут видны строки, не удовлетворяющие объявленному ограничению. Если ограничение нарушается, тогда как пользователь объявил, что оно должно выполняться, может быть уместно сообщить об ошибке (точно так же, как и при несовпадении типов данных).

```
void
ReScanForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Перезапускает сканирование с начала. Заметьте, что значения параметров, от которых зависит сканирование, могли измениться, так что новое сканирование не обязательно вернёт те же строки.

```
void
EndForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через palloc, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

56.2.2. Подпрограммы FDW для сканирования сторонних соединений

Если FDW поддерживает соединения на удалённой стороне (вместо того, чтобы считывать данные обеих таблиц и выполнять соединения локально), она должна предоставить эту реализующую подпрограмму:

```
void
GetForeignJoinPaths(PlannerInfo *root,
                    RelOptInfo *joinrel,
                    RelOptInfo *outerrel,
                    RelOptInfo *innerrel,
                    JoinType jointype,
                    JoinPathExtraData *extra);
```

Формирует возможные пути доступа для соединения двух (и более) сторонних таблиц, принадлежащих одному стороннему серверу. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. Как и `GetForeignPaths`, эта функция должна построить пути `ForeignPath` для переданного `joinrel` (для построения путей используйте `create_foreign_join_path`) и вызвать `add_path`, чтобы добавить эти пути в набор путей, подходящих для соединения. Но, в отличие от `GetForeignPaths`, эта функция не обязательно должна возвращать минимум один путь, так как всегда возможен альтернативный путь с локальным соединением таблиц.

Заметьте, что эта функция будет вызываться неоднократно для одного и того же соединения с разными комбинациями внутреннего и внешнего отношений; минимизировать двойную работу должна сама FDW.

Если для соединения выбирается путь `ForeignPath`, он будет представлять весь процесс соединения; пути, сформированные для задействованных таблиц и подчинённых соединений, в нём применяться не будут. Далее этот путь соединения обрабатывается во многом так же, как и путь сканирования одной сторонней таблицы. Одно различие состоит в том, что `scanrelid` результирующего плана узла `ForeignScan` должно быть равно нулю, так как он не представляет какое-либо одно отношение; вместо этого набор соединяемых отношений представляется в поле `fs_relids` узла `ForeignScan`. (Это поле заполняется автоматически кодом ядра планировщика, так что FDW делать это не нужно.) Ещё одно отличие в том, что список столбцов для удалённого соединения нельзя получить из системных каталогов и поэтому FDW должна выдать в `fdw_scan_tlist` требуемый список узлов `TargetEntry`, представляющий набор столбцов, которые будут выдаваться во время выполнения в возвращаемых кортежах.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

56.2.3. Подпрограммы FDW для планирования обработки после сканирования/соединения

Если FDW поддерживает удалённое выполнение операций после сканирования/соединения, например, удалённое агрегирование, она должна предоставить эту реализующую подпрограмму:

```
void
GetForeignUpperPaths(PlannerInfo *root,
                     UpperRelationKind stage,
                     RelOptInfo *input_rel,
                     RelOptInfo *output_rel,
```

```
                          void *extra);
```

Формирует возможные пути доступа для обработки *верхнего отношения*. Этот термин планировщика подразумевает любую обработку запросов после сканирования/соединения, в частности, агрегирование, вычисление оконных функций, сортировку и изменение таблиц. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. В настоящее время она вызывается, только если все базовые отношения, задействованные в запросе, относятся к одной FDW. Эта функция должна построить пути `ForeignPath` для любых действий после сканирования/соединения, которые FDW умеет выполнять удалённо (для построения путей используйте `create_foreign_upper_path`), и вызвать `add_path`, чтобы добавить эти пути к указанному верхнему отношению. Как и `GetForeignJoinPaths`, эта функция не обязательно должна возвращать какие-либо пути, так как всегда возможны пути с локальной обработкой.

Параметр `stage` определяет, какой шаг после сканирования/соединения рассматривается в данный момент. Параметр `output_rel` указывает на верхнее отношение, которое должно получить пути, представляющие вычисление этого шага, а `input_rel` — на отношение, представляющее входные данные для этого шага. В параметре `extra` передаётся дополнительная информация; в настоящее время он устанавливается только для `UPPERREL_PARTIAL_GROUP_AGG` и `UPPERREL_GROUP_AGG` (в этом случае указывает на структуру `GroupPathExtraData`) и для `UPPERREL_FINAL` (тогда он указывает на структуру `FinalPathExtraData`). Заметьте, что пути `ForeignPath`, добавляемые в `output_rel`, обычно не будут напрямую зависеть от путей `input_rel`, так как ожидается, что они будут обрабатываться снаружи. Однако изучить пути, построенные для предыдущего шага обработки, может быть полезно для исключения лишних операций при планировании.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

56.2.4. Подпрограммы FDW для изменения данных в сторонних таблицах

Если FDW поддерживает запись в сторонние таблицы, она должна предоставить некоторые или все подпрограммы, реализующие следующие функции, в зависимости от потребностей и возможностей FDW:

```
void
AddForeignUpdateTargets(Query *parsetree,
                        RangeTblEntry *target_rte,
                        Relation target_relation);
```

Операции `UPDATE` и `DELETE` выполняются со строками, ранее выбранными функциями сканирования таблицы. FDW может потребоваться дополнительная информация, например, ID строки или значения столбцов первичного ключа, чтобы точно знать, какую именно строку нужно изменить или удалить. Для этого данная функция может добавить дополнительные скрытые или «отбросовые» целевые столбцы в список столбцов, которые должны быть получены из сторонней таблицы во время `UPDATE` или `DELETE`.

Для этого добавьте в `parsetree->targetList` элементы `TargetEntry`, содержащие выражения для дополнительных выбираемых значений. У каждой такой записи должен быть признак `resjunk = true` и должно быть отдельное собственное имя `resname`, по которому она будет идентифицироваться во время выполнения. Избегайте использования имён вида `ctid`*N*, `wholerow` или `wholerow`*N*, так как столбцы с такими именами может генерировать ядро системы. Если дополнительные выражения сложнее, чем просто переменные, их нужно пропустить через функцию `eval_const_expressions` прежде чем добавлять в целевой список.

Хотя эта функция вызывается во время планирования, передаваемая ей информация несколько отличается от той, что получают другие подпрограммы планирования. В `parsetree` передаётся дерево разбора команды `UPDATE` или `DELETE`, а параметры `target_rte` и `target_relation` описывают целевую стороннюю таблицу.

Если указатель `AddForeignUpdateTargets` равен `NULL`, дополнительные целевые выражения не добавляются. (Это делает невозможным реализацию операций `DELETE`, хотя операция `UPDATE` может быть всё же возможна, если FDW идентифицирует строки, полагаясь на то, что первичный ключ не меняется.)

```
List *
PlanForeignModify(PlannerInfo *root,
                  ModifyTable *plan,
                  Index resultRelation,
                  int subplan_index);
```

Выполняет любые дополнительные действия планирования, необходимые для добавления, изменения или удаления в сторонней таблице. Эта функция формирует частную информацию FDW, которая будет добавлена в узел плана `ModifyTable`, осуществляющий изменение. Эта информация должна возвращаться в списке (`List`); она будет доставлена в функцию `BeginForeignModify` на стадии выполнения.

В `root` передаётся общая информация планировщика о запросе, а в `plan` — узел плана `ModifyTable`, заполненный, не считая поля `fdwPrivLists`. Параметр `resultRelation` указывает на целевую стороннюю таблицу по номеру в списке отношений, а `subplan_index` определяет целевое отношение в данном узле `ModifyTable`, начиная с нуля; воспользуйтесь этим индексом, обращаясь к `plan->plans` или другой вложенной структуре узла `plan`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

Если указатель `PlanForeignModify` равен `NULL`, дополнительные действия во время планирования не предпринимаются, и в качестве `fdw_private` в `BeginForeignModify` поступит NULL.

```
void
BeginForeignModify(ModifyTableState *mtstate,
                   ResultRelInfo *rinfo,
                   List *fdw_private,
                   int subplan_index,
                   int eflags);
```

Начинает выполнение операции изменения данных в сторонней таблице. Эта подпрограмма выполняется при запуске исполнителя. Она должна выполнять любые подготовительные действия, необходимые для того, чтобы собственно произвести изменения в таблице. Впоследствии для каждого кортежа, который будет вставляться, изменяться или удаляться, будет вызываться `ExecForeignInsert`, `ExecForeignUpdate` или `ExecForeignDelete`.

В параметре `mtstate` передаётся общее состояние выполняемого плана узла `ModifyTable`; через эту структуру доступны глобальные сведения о плане и состояние выполнения. В `rinfo` передаётся структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. (Если FDW нужно сохранить частное состояние, необходимое для этой операции, она может воспользоваться полем `ri_FdwState` структуры `ResultRelInfo`.) В `fdw_private` передаются частные данные, если они были сформированы процедурой `PlanForeignModify`. Параметр `subplan_index` определяет целевое отношение в данном узле `ModifyTable`, а в `eflags` передаются битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `ExplainForeignModify` и `EndForeignModify`.

Если указатель на `BeginForeignModify` равен `NULL`, никакое действие при запуске исполнителя не выполняется.

```
TupleTableSlot *
ExecForeignInsert(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Вставляет один кортеж в стороннюю таблицу. В estate передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в rinfo — структура ResultRelInfo, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр slot содержит кортеж, который должен быть вставлен; он будет соответствовать определению типа строки сторонней таблицы. Параметр planSlot содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла ModifyTable; он отличается от slot тем, что может содержать дополнительные «отбросовые» столбцы. (Значение planSlot обычно не очень интересно для операций INSERT, но оно представлено для полноты.)

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий данные, которые были фактически вставлены (они могут отличаться от переданных данных, например, в результате действий триггеров), либо NULL, если никакая строка фактически не была вставлена (опять же, обычно в результате действий триггеров). Чтобы вернуть результат, также можно использовать передаваемый на вход slot.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если оператор INSERT содержит предложение RETURNING, задействуется представление с указанием WITH CHECK OPTION либо если для сторонней таблицы определён триггер AFTER ROW. Триггерам нужны все столбцы, но FDW может для оптимизации не возвращать некоторые или все, в зависимости от содержания предложения RETURNING или ограничения WITH CHECK OPTION. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе число возвращённых запросом строк будет неверным.

Если указатель на ExecForeignInsert равен NULL, вставить данные в стороннюю таблицу не удастся, в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

Заметьте, что эта функция также вызывается при добавлении кортежей, перенаправленных в секцию в сторонней таблице, или при выполнении COPY FROM со сторонней таблицей. В данных случаях она вызывается не так, как при выполнении обычного INSERT. Ниже описаны функции обратного вызова, позволяющие реализовать поддержку этих операций в обёртке сторонних данных.

```
TupleTableSlot *
ExecForeignUpdate(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Изменяет один кортеж в сторонней таблице. В estate передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в rinfo — структура ResultRelInfo, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр slot содержит новые данные для кортежа; он будет соответствовать определению типа строки сторонней таблицы. Параметр planSlot содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла ModifyTable; он отличается от slot тем, что может содержать дополнительные «отбросовые» столбцы. В частности, в этом слоте можно получить любые отбросовые столбцы, запрошенные в AddForeignUpdateTargets.

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий строку в состоянии после изменения (её содержимое может отличаться от переданного, например, в результате действий триггеров), либо NULL, если никакая строка фактически не была изменена (опять же, обычно в результате действий триггеров). Чтобы вернуть результат, также можно использовать передаваемый на вход slot.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если оператор UPDATE содержит предложение RETURNING, задействуется представление с указанием WITH CHECK OPTION либо если для сторонней таблицы определён триггер AFTER ROW. Триггерам нужны все столбцы, но FDW может для оптимизации не возвращать некоторые или все, в зависимости от содержания предложения RETURNING или ограничения WITH CHECK OPTION. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе число возвращённых запросом строк будет неверным.

Если указатель на ExecForeignUpdate равен NULL, изменить данные в сторонней таблице не удастся, а в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
TupleTableSlot *
```

```
ExecForeignDelete(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Удаляет один кортеж из сторонней таблицы. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в `rinfo` — структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр `slot` при вызове не содержит ничего полезного, но в эту структуру можно поместить возвращаемый кортеж. Параметр `planSlot` содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла `ModifyTable`; в частности, в нём могут содержаться отбросовые столбцы, запрошенные в `AddForeignUpdateTargets`. Отбросовые столбцы необходимы, чтобы определить, какой именно кортеж удалять.

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий строку, которая была удалена, либо NULL, если не удалена никакая строка (обычно в результате действия триггеров). Для размещения возвращаемого кортежа можно использовать передаваемый на вход `slot`.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если запрос `DELETE` содержит предложение `RETURNING` или для сторонней таблицы определён триггер `AFTER ROW`. Триггерам нужны все столбцы, но для предложения `RETURNING` FDW может ради оптимизации не возвращать некоторые или все столбцы, в зависимости от его содержания. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе возвращённое число строк будет неверным.

Если указатель на `ExecForeignDelete` равен `NULL`, удалить данные из сторонней таблицы не удастся, а в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
void
EndForeignModify(EState *estate,
                 ResultRelInfo *rinfo);
```

Завершает изменение данных в таблице и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через palloc, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

Если указатель на `EndForeignModify` равен `NULL`, никакое действие при завершении исполнителя не выполняется.

Кортежи, вставляемые в секционированную таблицу командами `INSERT` и `COPY FROM`, направляются в соответствующие секции. Если обёртка сторонних данных поддерживает перенаправление в секции в сторонних таблицах, она также должна предоставить описанные ниже обработчики. Эти функции также вызываются, когда результат `COPY FROM` помещается в стороннюю таблицу.

```
void
BeginForeignInsert(ModifyTableState *mtstate,
                   ResultRelInfo *rinfo);
```

Начинает выполнение операции добавления данных в сторонней таблице. Эта подпрограмма вызывается непосредственно перед тем, как первый кортеж будет вставлен в стороннюю таблицу — и когда это секция, выбранная для размещения кортежа, и когда это целевое отношение команды `COPY FROM`. Она должна выполнять любые подготовительные действия, необходимые перед собственно добавлением данных. Впоследствии для каждого кортежа, добавляемого в стороннюю таблицу, будет вызываться обработчик `ExecForeignInsert`.

В параметре `mtstate` передаётся общее состояние выполняемого плана узла `ModifyTable`; через эту структуру доступна глобальная информация о плане и состоянии выполнения. В `rinfo` передаётся структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. (Если FDW нужно сохранить частное состояние, необходимое для этой операции, она может воспользоваться полем `ri_FdwState` структуры `ResultRelInfo`.)

Когда этот обработчик вызывается командой `COPY FROM`, связанные с планом глобальные данные в `mtstate` не передаются. При этом параметр `planSlot` обработчика `ExecForeignInsert`, впоследствии вызываемого для каждого вставляемого кортежа, равен NULL — и когда сторонняя таблица является секцией, выбранной для помещения кортежа, и когда это целевое отношение данной команды.

Если указатель на BeginForeignInsert равен NULL, никакое действие при инициализации не выполняется.

Заметьте, что если обёртка сторонних данных не поддерживает перенаправление кортежей в секции и/или операцию COPY FROM со сторонними таблицами, эта функция или вызываемая за ней ExecForeignInsert должны выдать соответствующую ошибку.

```
void
EndForeignInsert(EState *estate,
                 ResultRelInfo *rinfo);
```

Завершает операцию добавления и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через palloc, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

Если указатель на EndForeignInsert равен NULL, никакое действие при завершении не выполняется.

```
int
IsForeignRelUpdatable(Relation rel);
```

Сообщает, какие операции изменения данных поддерживает указанная сторонняя таблица. Возвращаемое значение должно быть битовой маской кодов событий, обозначающих операции, поддерживаемые таблицей, и заданных в перечислении CmdType; то есть, (1 << CMD_UPDATE) = 4 для UPDATE, (1 << CMD_INSERT) = 8 для INSERT и (1 << CMD_DELETE) = 16 для DELETE.

Если указатель на IsForeignRelUpdatable равен NULL, предполагается, что сторонние таблицы позволяют добавлять, изменять и удалять строки, если FDW предоставляет процедуры для функций ExecForeignInsert, ExecForeignUpdate или ExecForeignDelete, соответственно. Данная функция необходима, только если FDW поддерживает операции изменения для одних таблиц и не поддерживает для других. (Хотя для этого можно выдать ошибку в подпрограмме, выполняющей операцию, а не задействовать эту функцию. Однако данная функция позволяет корректно отражать поддержку изменений в представлениях information_schema.)

Некоторые операции добавления, изменений и удаления данных в сторонних таблицах можно соптимизировать, применив альтернативный набор интерфейсов. Обычные интерфейсы для операций добавления, изменения и удаления выбирают строки с удалённого сервера, а затем модифицируют их по одной. В некоторых случаях такой подход «строка за строкой» необходим, но он может быть не самым эффективным. Если есть возможность определить на стороннем сервере, какие строки должны модифицироваться, собственно не считывая их, и если никакие локальные структуры (локальные триггеры уровня строк, хранимые генерируемые столбцы или ограничения WITH CHECK OPTION из родительских представлений) на эту операцию не влияют, её можно организовать так, чтобы она выполнялась целиком на удалённом сервере. Это позволяют осуществить описанные ниже интерфейсы.

```
bool
PlanDirectModify(PlannerInfo *root,
                 ModifyTable *plan,
                 Index resultRelation,
                 int subplan_index);
```

Определяет, возможно ли безопасно выполнить прямую модификацию на удалённом сервере. Если да, возвращает true, произведя требуемые для этого операции планирования. В противном случае возвращает false. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. Если результат этой функции положительный, на стадии выполнения будут вызываться BeginDirectModify, IterateDirectModify и EndDirectModify. Иначе модификация таблиц будет осуществляться посредством функций изменения, описанных выше. Данная функция принимает те же параметры, что и `PlanForeignModify`.

Для осуществления прямой модификации на удалённом сервере эта функция должна подставить в целевой подплан узел `ForeignScan`, выполняющий прямую модификацию на удалённом сервере. В поле `operation` структуры `ForeignScan` должно быть установлено соответствующее значение перечисления `CmdType`: то есть, `CMD_UPDATE` для `UPDATE`, `CMD_INSERT` для `INSERT` и `CMD_DELETE` для `DELETE`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 56.4.

Если указатель на `PlanDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
void
BeginDirectModify(ForeignScanState *node,
                  int eflags);
```

Подготавливает прямую модификацию на удалённом сервере. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для осуществления прямой модификации (модификация должна начаться с первым вызовом `IterateDirectModify`). Узел `ForeignScanState` уже был создан, но его поле `fdw_state` по-прежнему NULL. Информацию о модифицируемой таблице можно получить через узел `ForeignScanState` (в частности, из нижележащего узла `ForeignScan`, содержащего частную информацию FDW, заданную функцией `PlanDirectModify`). Параметр `eflags` содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `ExplainDirectModify` и `EndDirectModify`.

Если указатель на `BeginDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
TupleTableSlot *
IterateDirectModify(ForeignScanState *node);
```

Когда в запросе `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` отсутствует предложение `RETURNING`, просто возвращает NULL после прямой модификации на удалённом сервере. Когда в запросе есть это предложение, выбирает одну строку результата с данными, требующимися для вычисления `RETURNING`, и возвращает её в слоте таблицы кортежей (для этой цели следует использовать `ScanTupleSlot`, переданный с узлом). Данные, которые были фактически добавлены, изменены или удалены, нужно сохранить в `es_result_relation_info->ri_projectReturning->pi_exprContext->ecxt_scantuple` в структуре `EState`, переданной с узлом. Возвращает NULL, если строк больше нет. Заметьте, что эта функция вызывается в контексте кратковременной памяти, который будет сбрасываться между вызовами. Если вам нужна более долгоживущая память, создайте соответствующий контекст в `BeginDirectModify` либо используйте `es_query_cxt` из переданной с узлом структуры `EState`.

Возвращаемые строки должны соответствовать целевому списку `fdw_scan_tlist`, если он передаётся, а в противном случае — типу строки изменяемой сторонней таблицы. Если вы решите для оптимизации не возвращать ненужные столбцы, не требующиеся для получения `RETURNING`, в их позиции нужно вставить NULL, либо сформировать список `fdw_scan_tlist` без этих столбцов.

Независимо от того, есть ли в запросе это предложение или нет, число строк, возвращаемых запросом, должно увеличиваться самой FDW. Когда этого предложения в запросе нет, FDW должна также увеличивать число строк для узла `ForeignScanState` в случае `EXPLAIN ANALYZE`.

Если указатель на `IterateDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
void
EndDirectModify(ForeignScanState *node);
```

Очищает ресурсы после непосредственной модификации на удалённом сервере. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через palloc, но например, открытые файлы и подключения к удалённому серверу следует закрыть.

Если указатель на `EndDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

56.2.5. Подпрограммы FDW для блокировки строк

Если FDW желает поддержать функцию *поздней блокировки строк* (описанную в Разделе 56.5), она должна предоставить следующие реализующие подпрограммы:

```
RowMarkType
GetForeignRowMarkType(RangeTblEntry *rte,
                      LockClauseStrength strength);
```

Сообщает, какой вариант пометки строк будет использоваться для сторонней таблицы. Здесь `rte` представляет узел `RangeTblEntry` для таблицы, а `strength` описывает силу блокировки, запрошенную соответствующим предложением `FOR UPDATE/SHARE`, если оно имеется. Результатом должно быть значение перечисления `RowMarkType`.

Эта функция вызывается в процессе планирования запроса для каждой сторонней таблицы, которая участвует в запросе `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, и не является целевой в запросе `UPDATE` или `DELETE`.

Если указатель `GetForeignRowMarkType` равен `NULL`, всегда выбирается вариант `ROW_MARK_COPY`. (Вследствие этого, функция `RefetchForeignRow` никогда не будет вызываться, так что и её задавать не нужно.)

За подробностями обратитесь к Разделу 56.5.

```
void
RefetchForeignRow(EState *estate,
                  ExecRowMark *erm,
                  Datum rowid,
                  TupleTableSlot *slot,
                  bool *updated);
```

Повторно считывает один кортеж из сторонней таблицы после блокировки, если она требуется. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса. В `erm` передаётся структура `ExecRowMark`, описывающая целевую стороннюю таблицу и тип запрашиваемой блокировки (если она требуется). В параметре `slot` при вызове не содержится ничего полезного, но в него можно поместить возвращаемый кортеж. Параметр `updated` является выходным.

Эта функция должна сохранить кортеж в переданном слоте или очистить его, если получить блокировку строки не удаётся. Тип запрашиваемой блокировки строки определяется значением `erm->markType`, которое было до этого возвращено функцией `GetForeignRowMarkType`. (Вариант `ROW_MARK_REFERENCE` означает, что нужно просто повторно выбрать кортеж, не запрашивая никакую блокировку, а `ROW_MARK_COPY` никогда не поступает в эту подпрограмму.)

Кроме того, переменной `*updated` следует присвоить `true`, если была считана изменённая версия кортежа, а не версия, полученная ранее. (Если FDW не знает этого наверняка, рекомендуется всегда возвращать `true`.)

Заметьте, что по умолчанию в случае неудачи при попытке получить блокировку строки должна выдаваться ошибка; пустой слот может возвращаться, только если в `erm->waitPolicy` выбран вариант `SKIP LOCKED`.

В rowid передаётся значение ctid, полученное ранее для строки, которую нужно считать повторно. Хотя значение rowid передаётся в виде Datum, в настоящее время это может быть только tid. Такой интерфейс функции выбран с расчётом на то, чтобы в будущем в качестве идентификаторов строк могли приниматься и другие типы данных.

Если указатель на RefetchForeignRow равен NULL, повторно выбрать данные не удастся, в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

За подробностями обратитесь к Разделу 56.5.

```
bool
RecheckForeignScan(ForeignScanState *node,
                   TupleTableSlot *slot);
```

Перепроверяет, соответствует ли по-прежнему ранее возвращённый кортеж применимым условиям сканирования и соединения, и возможно выдаёт изменённую версию кортежа. Для обёрток сторонних данных, которые не выносят соединение наружу, обычно удобнее присвоить этому указателю NULL и задать fdw_recheck_quals. Однако когда внешние соединения выносятся наружу, недостаточно повторно применить к результирующему кортежу проверки, относящиеся ко всем базовым таблицам, даже если присутствуют все атрибуты, так как невыполнение некоторого условия может приводить и к обнулению некоторых атрибутов, а не только исключению этого кортежа. RecheckForeignScan может перепроверить условия и возвратить true, если они по-прежнему выполняются, или false в противном случае, но также она может записать в переданный слот кортеж на замену предыдущему.

Чтобы вынести соединение наружу, обёртка сторонних данных обычно конструирует альтернативный план локального соединения, применяемый только для перепроверок; он становится внешним подпланом узла ForeignScan. Когда требуется перепроверка, может быть выполнен этот подплан и результирующий кортеж сохранён в слоте. Этот план может не быть эффективным, так как ни одна базовая таблица не выдаст больше одной строки; например, он может реализовывать все соединения в виде вложенных циклов. Для поиска подходящего локального пути соединения в существующих путях можно воспользоваться функцией GetExistingLocalJoinPath. Функция GetExistingLocalJoinPath ищет непараметризованный путь в списке путей заданного отношения соединения. (Если такой путь не находится, она возвращает NULL, и в этом случае обёртка сторонних данных может построить локальный путь сама или решить не создавать пути доступа для этого соединения.)

56.2.6. Подпрограммы FDW для EXPLAIN

```
void
ExplainForeignScan(ForeignScanState *node,
                   ExplainState *es);
```

Дополняет вывод EXPLAIN для сканирования сторонней таблицы. Эта функция может вызывать ExplainPropertyText и связанные функции и добавлять поля в вывод EXPLAIN. Поля флагов в es позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае с EXPLAIN ANALYZE можно проанализировать состояние узла ForeignScanState.

Если указатель ExplainForeignScan равен NULL, никакая дополнительная информация при EXPLAIN не выводится.

```
void
ExplainForeignModify(ModifyTableState *mtstate,
                     ResultRelInfo *rinfo,
                     List *fdw_private,
                     int subplan_index,
                     struct ExplainState *es);
```

Дополняет вывод EXPLAIN для изменений в сторонней таблице. Эта функция может вызывать ExplainPropertyText и связанные функции и добавлять поля в вывод EXPLAIN. Поля флагов в es позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае с `EXPLAIN ANALYZE` можно проанализировать состояние узла `ModifyTableState`. Первые четыре аргумента у этой функции те же, что и у `BeginForeignModify`.

Если указатель `ExplainForeignModify` равен `NULL`, никакая дополнительная информация при `EXPLAIN` не выводится.

```
void
ExplainDirectModify(ForeignScanState *node,
                    ExplainState *es);
```

Дополняет вывод `EXPLAIN` для прямой модификации данных на удалённом сервере. Эта функция может вызывать `ExplainPropertyText` и связанные функции и добавлять поля в вывод `EXPLAIN`. Поля флагов в `es` позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае `EXPLAIN ANALYZE` можно проанализировать состояние узла `ForeignScanState`.

Если указатель `ExplainDirectModify` равен `NULL`, никакая дополнительная информация при `EXPLAIN` не выводится.

56.2.7. Подпрограммы FDW для ANALYZE

```
bool
AnalyzeForeignTable(Relation relation,
                    AcquireSampleRowsFunc *func,
                    BlockNumber *totalpages);
```

Эта функция вызывается, когда для сторонней таблицы выполняется ANALYZE. Если FDW может собрать статистику для этой сторонней таблицы, эта функция должна вернуть `true` и передать в *`func`* указатель на функцию, которая будет выдавать строки выборки из таблицы, а в *`totalpages`* ожидаемый размер таблицы в страницах. В противном случае эта функция должна вернуть `false`.

Если FDW не поддерживает сбор статистики ни для каких таблиц, в `AnalyzeForeignTable` можно установить значение `NULL`.

Функция выдачи выборки, если она предоставляется, должна иметь следующую сигнатуру:

```
int
AcquireSampleRowsFunc(Relation relation,
                      int elevel,
                      HeapTuple *rows,
                      int targrows,
                      double *totalrows,
                      double *totaldeadrows);
```

Она должна выбирать из таблицы максимум *`targrows`* строк и помещать их в переданный вызывающим кодом массив *`rows`*. Возвращать она должна фактическое число выбранных строк. Кроме того, эта функция должна сохранить общее количество актуальных и «мёртвых»строк в таблице в выходных параметрах *`totalrows`* и *`totaldeadrows`*, соответственно. (Если для данной FDW нет понятия «мёртвых» строк, в *`totaldeadrows`* нужно записать 0.)

56.2.8. Подпрограммы FDW для IMPORT FOREIGN SCHEMA

```
List *
ImportForeignSchema(ImportForeignSchemaStmt *stmt, Oid serverOid);
```

Получает список команд, создающих сторонние таблицы. Эта функция вызывается при выполнении команды IMPORT FOREIGN SCHEMA; ей передаётся дерево разбора этого оператора и OID целевого стороннего сервера. Она должна вернуть набор строк C, в каждой из которых должна содержаться команда CREATE FOREIGN TABLE. Эти строки будут разобраны и выполнены ядром сервера.

В структуре `ImportForeignSchemaStmt` поле `remote_schema` задаёт имя удалённой схемы, из которой импортируются таблицы. Поле `list_type` устанавливает, как фильтровать имена таблиц: вариант `FDW_IMPORT_SCHEMA_ALL` означает, что нужно импортировать все таблицы в удалённой схеме (в этом случае поле `table_list` пустое), `FDW_IMPORT_SCHEMA_LIMIT_TO` означает, что нужно импортировать только таблицы, перечисленные в `table_list`, и `FDW_IMPORT_SCHEMA_EXCEPT` означает, что нужно исключить таблицы, перечисленные в списке `table_list`. В поле `options` передаётся список параметров для процесса импорта. Значение этих параметров определяется самой FDW. Например, у FDW может быть параметр, определяющий, нужно ли сохранять у импортируемых столбцов атрибут `NOT NULL`. Эти параметры могут не иметь ничего общего с параметрами, которые принимает FDW в качестве параметров объектов базы.

FDW может игнорировать поле `local_schema` в `ImportForeignSchemaStmt`, так как ядро сервера само вставит это имя в разобранные команды `CREATE FOREIGN TABLE`.

Также, FDW может не выполнять сама фильтрацию по полям `list_type` и `table_list`, так как ядро сервера автоматически пропустит все возвращённые команды для таблиц, исключённых по заданным критериям. Однако часто лучше сразу избежать лишней работы, не формируя команды для исключаемых таблиц. Для проверки, удовлетворяет ли фильтру заданное имя сторонней таблицы, может быть полезна функция `IsImportableForeignTable()`.

Если FDW не поддерживает импорт определений таблиц, указателю `ImportForeignSchema` можно присвоить `NULL`.

56.2.9. Подпрограммы FDW для параллельного выполнения

Узел `ForeignScan` может, хотя это не требуется, поддерживать параллельное выполнение. Параллельный `ForeignScan` будет выполняться в нескольких процессах и должен возвращать одну строку только единожды. Для этого взаимодействующие процессы могут координировать свои действия через фиксированного размера блоки в динамической разделяемой памяти. Эта разделяемая память не будет гарантированно отображаться по одному адресу в разных процессах, так что она не может содержать указатели. Все следующие функции являются необязательными, но большинство из них необходимы при реализации поддержки параллельного выполнения.

```
bool
IsForeignScanParallelSafe(PlannerInfo *root, RelOptInfo *rel,
                          RangeTblEntry *rte);
```

Проверяет, будет ли сканирование выполняться параллельным исполнителем. Эта функция будет вызываться, только когда планировщик считает, что параллельный план принципиально возможен, и должна возвращать true, если такое сканирование может безопасно выполняться параллельным исполнителем. Обычно это не так, если удалённый источник данных является транзакционным. Но возможно исключение, когда в подключении рабочего процесса к этому источнику каким-то образом используется тот же транзакционный контекст, что и в ведущем процессе.

Если эта функция не определена, считается, что сканирование должно происходить в ведущем процессе. Заметьте, что возвращённое значение true не означает, что само сканирование может выполняться в параллельном режиме, а только то, что сканирование будет производится в параллельном исполнителе. Таким образом, может быть полезно определить этот обработчик, даже если параллельное выполнение не поддерживается.

```
Size
EstimateDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt);
```

Оценивает объём динамической разделяемой памяти, которая потребуется для параллельной операции. Это значение может превышать объём, который будет занят фактически, но не должно быть меньше. Возвращаемое значение задаётся в байтах. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется; но в этом случае должны быть также опущены следующие три функции, так как для FDW не будет выделена разделяемая память.

```
void
InitializeDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt,
                         void *coordinate);
```

Инициализирует динамическую разделяемую память, которая потребуется для параллельной операции. `coordinate` указывает на область разделяемой памяти размера, равного возвращаемому значению `EstimateDSMForeignScan`. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется.

```
void
ReInitializeDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt,
                           void *coordinate);
```

Заново инициализирует динамическую разделяемую память, требуемую для параллельной операции, перед тем как будет повторно просканирован узел чтения сторонних данных. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется. В этой функции рекомендуется сбрасывать только общее состояние, а в функции `ReScanForeignScan` сбрасывать только локальное. В настоящее время эта функция будет вызываться перед `ReScanForeignScan`, но лучше на этот порядок не рассчитывать.

```
void
InitializeWorkerForeignScan(ForeignScanState *node, shm_toc *toc,
                            void *coordinate);
```

Инициализирует локальное состояние параллельного исполнителя на основе общего состояния, заданного ведущим исполнителем во время `InitializeDSMForeignScan`. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется.

```
void
ShutdownForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Освобождает ресурсы, когда становится понятно, что этот узел больше не будет выполняться. Этот обработчик вызывается не во всех случаях; иногда может вызываться только `EndForeignScan`. Так как сегмент DSM, используемый параллельным запросом, освобождается сразу после вызова этого обработчика, обёртки сторонних данных, которым нужно выполнять некоторые действия до ликвидации сегмента DSM, должны реализовывать этот метод.

56.2.10. Подпрограммы FDW для изменения параметризации путей

```
List *
ReparameterizeForeignPathByChild(PlannerInfo *root, List *fdw_private,
                                 RelOptInfo *child_rel);
```

Эта функция вызывается при преобразовании пути, параметризованного самым верхним родителем данного дочернего отношения `child_rel`, в путь, параметризованный дочерним отношением. Она используется для изменения параметров любых путей или трансляции любых узлов выражений, сохранённых в поле `fdw_private` переданной структуры `ForeignPath`. Этот обработчик может по мере необходимости использовать `reparameterize_path_by_child`, `adjust_appendrel_attrs` или `adjust_appendrel_attrs_multilevel`.

56.3. Вспомогательные функции для обёрток сторонних данных

Ядро сервера экспортирует набор полезных вспомогательных функций, которые позволяют разработчикам обёрток сторонних данных легко обращаться к атрибутам объектов, связанных с FDW, например, к параметрам FDW. Чтобы использовать эти функции, необходимо включить в исходный файл заголовочный файл `foreign/foreign.h`. В этом заголовочном файле также определяются типы структур, возвращаемых этими функциями.

```
ForeignDataWrapper *
GetForeignDataWrapperExtended(Oid fdwid, bits16 flags);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignDataWrapper` для обёртки сторонних данных с указанным OID. Объект `ForeignDataWrapper` содержит свойства FDW (они описаны в `foreign/foreign.h`). В аргументе `flags` передаётся полученная битовым сложением маска, отмечающая дополнительный набор параметров. Её значением может быть `FDW_MISSING_OK`, указывающее, что вместо ошибки в случае неопределённого объекта должно возвращается `NULL`.

```
ForeignDataWrapper *
GetForeignDataWrapper(Oid fdwid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignDataWrapper` для обёртки сторонних данных с указанным OID. Объект `ForeignDataWrapper` содержит свойства FDW (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
ForeignServer *
GetForeignServerExtended(Oid serverid, bits16 flags);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignServer` для стороннего сервера с указанным OID. Объект `ForeignServer` содержит свойства сервера (они описаны в `foreign/foreign.h`). В аргументе `flags` передаётся полученная битовым сложением маска, отмечающая дополнительный набор параметров. Её значением может быть `FSV_MISSING_OK`, указывающее, что вместо ошибки в случае неопределённого объекта должно возвращается `NULL`.

```
ForeignServer *
GetForeignServer(Oid serverid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignServer` для стороннего сервера с указанным OID. Объект `ForeignServer` содержит свойства сервера (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
UserMapping *
GetUserMapping(Oid userid, Oid serverid);
```

Эта функция возвращает объект `UserMapping` для сопоставления пользователя, которое определено для указанной роли на указанном сервере. (Если сопоставление для указанной роли отсутствует, она возвращает сопоставление для `PUBLIC` или выдаёт ошибку, если его нет.) Объект `UserMapping` содержит свойства сопоставления пользователя (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
ForeignTable *
GetForeignTable(Oid relid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignTable` для сторонней таблицы с указанным OID. Объект `ForeignTable` содержит свойства сторонней таблицы (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
List *
GetForeignColumnOptions(Oid relid, AttrNumber attnum);
```

Эта функция возвращает параметры FDW уровня столбцов для столбца из таблицы с указанным OID сторонней таблицы и указанным номером, в виде списка `DefElem`. Если для столбца не определены параметры, возвращается NULL.

В дополнение к функциям, выбирающим объекты по OID, для некоторых объектов добавлены функции поиска по именам:

```
ForeignDataWrapper *
GetForeignDataWrapperByName(const char *name, bool missing_ok);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignDataWrapper` для обёртки сторонних данных с указанным именем. В случае отсутствия такой обёртки возвращается NULL, если missing_ok равно true, а иначе выдаётся ошибка.

```
ForeignServer *
GetForeignServerByName(const char *name, bool missing_ok);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignServer` для стороннего сервера с указанным именем. В случае отсутствия такого сервера возвращается NULL, если missing_ok равно true, а иначе выдаётся ошибка.

56.4. Планирование запросов с обёртками сторонних данных

Процедуры в FDW, реализующие функции GetForeignRelSize, GetForeignPaths, GetForeignPlan, PlanForeignModify, GetForeignJoinPaths, GetForeignUpperPaths и PlanDirectModify, должны вписываться в работу планировщика PostgreSQL. Здесь даётся несколько замечаний о том, как это должно происходить.

Для уменьшения объёма выбираемых из сторонней таблицы данных (и как следствие, сокращения стоимости) может использоваться информация, поступающая в root и baserel. Особый интерес представляет поле baserel->baserestrictinfo, так как оно содержит ограничивающие условия (предложение WHERE), по которым можно отфильтровать выбираемые строки. (Сама FDW не обязательно должна применять эти ограничения, так как их может проверить и ядро исполнителя.) Список baserel->reltarget->exprs позволяет определить, какие именно столбцы требуется выбрать; но учтите, что в нём перечисляются только те столбцы, которые выдаются узлом плана ForeignScan, но не столбцы, которые задействованы в ограничивающих условиях и при этом не выводятся запросом.

Когда функциям планирования FDW требуется сохранять свою информацию, они могут использовать различные частные поля. Вообще, все структуры, которые FDW помещает в закрытые поля, должны выделяться функцией palloc, чтобы они автоматически освобождались при завершении планирования.

Для хранения информации, относящейся к определённой сторонней таблице, функции планирования FDW могут использовать поле baserel->fdw_private, которое может содержать указатель на void. Ядро планировщика никак не касается его, кроме того, что записывает в него NULL при создании узла RelOptInfo. Оно полезно для передачи информации из GetForeignRelSize в GetForeignPaths и/или из GetForeignPaths в GetForeignPlan и позволяет избежать повторных вычислений.

GetForeignPaths может обозначить свойства различных путей доступа, сохранив частную информацию в поле fdw_private узлов ForeignPath. Это поле fdw_private объявлено как указатель на список (List), но в принципе может содержать всё, что угодно, так как ядро планировщика его не касается. Однако лучше поместить в него данные, которые сможет представить функция nodeToString, для применения средств отладки, имеющихся на сервере.

GetForeignPlan может изучить поле fdw_private выбранного узла ForeignPath и сформировать списки fdw_exprs и fdw_private, которые будут помещены в узел ForeignScan, где они будут находиться во время выполнения запроса. Оба эти списка должны быть представлены в форме, которую способна копировать функция copyObject. Список fdw_private не имеет других ограничений и никаким образом не интерпретируется ядром сервера. Список fdw_exprs, если этот указатель не NULL, предположительно содержит деревья выражений, которые должны быть вычислены при выполнении запроса. Затем планировщик обрабатывает эти деревья, чтобы они были полностью готовы к выполнению.

GetForeignPlan обычно может скопировать полученный целевой список в узел плана как есть. Передаваемый список scan_clauses содержит те же предложения, что и baserel->baserestrictinfo, но, возможно, в другом порядке для более эффективного выполнения. В простых случаях FDW может просто убрать узлы RestrictInfo из списка scan_clauses (используя функцию extract_actual_clauses) и поместить все предложения в список ограничений узла плана, что будет означать, что эти предложения будут проверяться исполнителем во время выполнения. Более сложные FDW могут самостоятельно проверять некоторые предложения, и в этом случае такие предложения можно удалить из списка ограничений узла, чтобы исполнитель не тратил время на их перепроверку.

Например, FDW может распознавать некоторые предложения ограничений вида *сторонняя_переменная = подвыражение*, которые, по её представлению, могут выполняться на удалённом сервере с локально вычисленным значением *подвыражения*. Собственно выявление такого предложения должно происходить в функции GetForeignPaths, так как это влияет на оценку стоимости пути. Эта функция может включить в поле fdw_private конкретного пути указатель на узел RestrictInfo этого предложения. Затем GetForeignPlan удалит это предложение из scan_clauses, но добавит *подвыражение* в fdw_exprs, чтобы оно было приведено к исполняемой форме. Она также может поместить управляющую информацию в поле fdw_private плана узла, которая скажет исполняющим функциям, что делать во время выполнения. Запрос, передаваемый удалённому серверу, будет содержать что-то вроде WHERE *сторонняя_переменная* = $1, а значение параметра будет получено во время выполнения в результате вычисления дерева выражения fdw_exprs.

Все предложения, удаляемые из списка условий узла плана, должны быть добавлены в fdw_recheck_quals или перепроверены функцией RecheckForeignScan для обеспечения корректного поведения на уровне изоляции READ COMMITTED. Когда имеет место параллельное изменение в некоторой другой таблице, задействованной в запросе, исполнителю может потребоваться убедиться в том, что все исходные условия по-прежнему выполняются для кортежа, возможно, с другим набором значений параметров. Использовать fdw_recheck_quals обычно проще, чем реализовывать проверки внутри RecheckForeignScan, но этот метод недостаточен, когда внешние соединения выносятся наружу, так как вследствие перепроверки в соединённых кортежах могут обнуляться некоторые поля, но сами кортежи не будут исключаться.

Ещё одно поле ForeignScan, которое могут заполнять FDW, это fdw_scan_tlist, описывающее кортежи, возвращаемые обёрткой для этого узла плана. Для простых сторонних таблиц в него можно записать NIL, из чего будет следовать, что возвращённые кортежи имеют тип, объявленный для сторонней таблицы. Отличное от NIL значение должно указывать на список целевых элементов (список структур TargetEntry), содержащий переменные и/или выражения, представляющие возвращаемые столбцы. Это можно использовать, например, чтобы показать, что FDW опустила некоторые столбцы, которые по её наблюдению не нужны для запроса. Также, если FDW может вычислить выражения, используемые в запросе, более эффективно, чем это можно сделать локально, она должна добавить эти выражения в список fdw_scan_tlist. Заметьте, что планы соединения (полученные из путей, созданных функцией GetForeignJoinPaths) должны всегда заполнять fdw_scan_tlist, описывая набор столбцов, которые они будут возвращать.

FDW должна всегда строить минимум один путь, зависящий только от предложений ограничения таблицы. В запросах с соединением она может также построить пути, зависящие от ограничения соединения, например *сторонняя_переменная* = *локальная_переменная*. Такие предложения будут отсутствовать в baserel->baserestrictinfo; их нужно искать в списках соединений отношений. Путь, построенный с таким предложением, называется «параметризованным». Другие отношения, задействованные в выбранном предложении соединения, должны связываться с этим путём соответствующим значением param_info; для получения этого значения используется get_baserel_parampathinfo. В GetForeignPlan часть *локальная_переменная* предложения соединения будет добавлена в fdw_exprs, и затем, во время выполнения, это будет работать так же, как и обычное предложение ограничения.

Если FDW поддерживает удалённые соединения, GetForeignJoinPaths должна выдавать пути ForeignPath для потенциально удалённых соединений почти так же, как это делает GetForeignPaths для базовых таблиц. Информация о выбранном соединении может быть передана функции GetForeignPlan так же, как было описано выше. Однако поле baserestrictinfo неприменимо к отношениям соединения; вместо этого соответствующие предложения соединения для конкретного соединения передаются в GetForeignJoinPaths в отдельном параметре (extra->restrictlist).

FDW может дополнительно поддерживать прямое выполнение некоторых действий плана, находящихся выше уровня сканирований и соединений, например, группировки или агрегирования. Для реализации этой возможности FDW должна сформировать пути и вставить их в соответствующее *верхнее отношение*. Например, путь, представляющий удалённое агрегирование, должен вставляться в отношение UPPERREL_GROUP_AGG с помощью add_path. Этот путь будет сравниваться по стоимости с локальным агрегированием, выполненным по результатам пути простого сканирования стороннего отношения (заметьте, что такой путь также должен быть сформирован, иначе во время планирования произойдёт ошибка). Если путь с удалённым агрегированием выигрывает, что, как правило, и происходит, он будет преобразован в план обычным образом, вызовом GetForeignPlan. Такие пути рекомендуется формировать в обработчике GetForeignUpperPaths, который вызывается для каждого верхнего отношения (то есть на каждом шаге обработки после сканирования/соединения), если все базовые отношения запроса выдаются одной обёрткой.

PlanForeignModify и другие обработчики, описанные в Подразделе 56.2.4, рассчитаны на то, что стороннее отношение будет сканироваться обычным способом, а затем отдельные изменения строк будут обрабатываться локальным узлом плана ModifyTable. Этот подход необходим в общем случае, когда для такого изменения требуется прочитать не только сторонние, но и локальные таблицы. Однако если операция может быть целиком выполнена сторонним сервером, FDW может построить путь, представляющий эту возможность, и вставить его в верхнее отношение UPPERREL_FINAL, где он будет конкурировать с подходом ModifyTable. Этот подход также должен применяться для реализации удалённого SELECT FOR UPDATE, вместо обработчиков блокировки строк, описанных Подразделе 56.2.5. Учтите, что путь, вставляемый в UPPERREL_FINAL, отвечает за реализацию *всех* аспектов поведения запроса.

При планировании запросов UPDATE или DELETE функции PlanForeignModify и PlanDirectModify могут обратиться к структуре RelOptInfo сторонней таблицы и воспользоваться информацией baserel->fdw_private, записанной ранее функциями планирования сканирования. Однако при запросе INSERT целевая таблица не сканируется, так что для неё RelOptInfo не заполняется. На список (List), возвращаемый функцией PlanForeignModify, накладываются те же ограничения, что и на список fdw_private в узле плана ForeignScan, то есть он должен содержать только такие структуры, которые способна копировать функция copyObject.

Команда INSERT с предложением ON CONFLICT не поддерживает указание объекта конфликта, так как уникальные ограничения или ограничения-исключения в удалённых таблицах неизвестны локально. Из этого, в свою очередь, вытекает, что предложение ON CONFLICT DO UPDATE не поддерживается, так как в нём это указание является обязательным.

56.5. Блокировка строк в обёртках сторонних данных

Если нижележащий механизм хранения FDW поддерживает концепцию блокировки отдельных строк, предотвращающую одновременное изменение этих строк, обычно имеет смысл реализовать в FDW установление блокировок на уровне строк в приближении, настолько близком к обычным таблицам PostgreSQL, насколько это возможно и практично. При этом нужно учитывать ряд замечаний.

Первое важное решение, которое нужно принять — будет ли реализована *ранняя блокировка* или *поздняя блокировка*. С ранней блокировкой строка блокируется, когда впервые считывается из нижележащего хранилища, тогда как с поздней блокировкой строка блокируется, только когда известно, что её нужно заблокировать. (Различие возникает из-за того, что некоторые строки могут быть отброшены локально проверяемыми условиями ограничений или соединений.) Ранняя блокировка гораздо проще и не требует дополнительных обращений к удалённому хранилищу, но может вызывать блокировку строк, которые можно было бы не блокировать, что может повлечь учащение конфликтов и даже неожиданные взаимоблокировки. Кроме того, поздняя блокировка возможна, только если блокируемая строка может быть однозначно идентифицирована позже. Поэтому в идентификаторе строки следует идентифицировать определённую версию строки, как это делает TID в PostgreSQL.

По умолчанию PostgreSQL игнорирует возможности блокировки, обращаясь к FDW, но FDW может установить ранние блокировки и без явной поддержки со стороны ядра. Функции, описанные в Подразделе 56.2.5, которые были добавлены в API в PostgreSQL 9.5, позволяют FDW применять поздние блокировки, если она этого пожелает.

Также следует учесть, что в режиме изоляции READ COMMITTED серверу PostgreSQL может потребоваться перепроверить условия ограничений и соединения с изменённой версией некоторого целевого кортежа. Для перепроверки условий соединения требуется повторно получить копии исходных строк, которые ранее были соединены в целевой кортеж. В случае со стандартными таблицами PostgreSQL для этого в список столбцов, проходящих через соединение, включаются TID из исходных таблиц, а затем исходные строки извлекаются заново при необходимости. При таком подходе набор данных соединения остаётся компактным, но требуется недорогая операция повторного чтения строк, а также возможность однозначно идентифицировать повторно считываемую версию строки по TID. Поэтому по умолчанию при работе со сторонними таблицами в список столбцов, проходящих через соединение, включается копия всей строки, извлекаемой из сторонней таблицы. Это не накладывает специальных требований на FDW, но может привести к снижению производительности при соединении слиянием или по хешу. FDW, которая может удовлетворить требованиям повторного чтения, может реализовать первый вариант.

Для команд `UPDATE` или `DELETE` со сторонней таблицей рекомендуется, чтобы операция `ForeignScan` в целевой таблице выполняла раннюю блокировку строк, которые она выбирает, возможно, используя аналог `SELECT FOR UPDATE`. FDW может определить, является ли таблица целевой таблицей команд `UPDATE`/`DELETE`, во время планирования, сравнив её relid с `root->parse->resultRelation`, или во время планирования, вызвав `ExecRelationIsTargetRelation()`. Также возможно выполнять позднюю блокировку в обработчике `ExecForeignUpdate` или `ExecForeignDelete`, но специальной поддержки для этого нет.

Для сторонних таблиц, блокировка которых запрашивается командой `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, операция `ForeignScan` так же может произвести раннюю блокировку, выбрав кортежи, используя аналог `SELECT FOR UPDATE/SHARE`. Чтобы вместо этого произвести позднюю блокировку, предоставьте подпрограммы-обработчики, описанные в Подразделе 56.2.5. В `GetForeignRowMarkType` выберите вариант отметки строк `ROW_MARK_EXCLUSIVE`, `ROW_MARK_NOKEYEXCLUSIVE`, `ROW_MARK_SHARE` или `ROW_MARK_KEYSHARE`, в зависимости от запрошенной силы блокировки. (Код ядра будет работать одинаково при любом из этих четырёх вариантов.) Затем вы сможете определить, должна ли сторонняя таблица блокироваться командой этого типа, вызвав функцию `get_plan_rowmark` во время планирования либо `ExecFindRowMark` во время выполнения; нужно проверить не только, что возвращённая структура rowmark отлична от NULL, но и что её поле `strength` не равно `LCS_NONE`.

Наконец, для сторонних таблиц, задействованных в командах `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, но не требующих блокировки строк, можно переопределить поведение по умолчанию, заключающееся в копировании строк целиком, выбрав в `GetForeignRowMarkType` вариант `ROW_MARK_REFERENCE`, получив значение силы блокировки `LCS_NONE`. В результате `RefetchForeignRow` будет вызываться с таким значением `markType`; она должна будет заново считывать строку, не запрашивая новую блокировку. (Если вы реализуете функцию `GetForeignRowMarkType`, но не хотите повторно считывать незаблокированные строки, выберите для `LCS_NONE` вариант `ROW_MARK_COPY`.)

Дополнительные сведения можно получить в `src/include/nodes/lockoptions.h`, в комментариях к `RowMarkType` и `PlanRowMark` в `src/include/nodes/plannodes.h`, и в комментариях к `ExecRowMark` в `src/include/nodes/execnodes.h`.

Глава 57. Написание метода извлечения выборки таблицы

Реализация предложения `TABLESAMPLE` в PostgreSQL поддерживает подключение собственных методов извлечения выборки таблицы в дополнение к методам `BERNOULLI` и `SYSTEM`, которые требуются стандартом SQL. Метод выборки определяет, какие строки таблицы будут выбираться, когда используется предложение `TABLESAMPLE`.

На уровне SQL метод извлечения выборки таблицы представляется одной функцией SQL, обычно реализуемой на C, имеющей сигнатуру

```
method_name(internal) RETURNS tsm_handler
```

Имя функции будет совпадать с именем метода, указываемым в предложении `TABLESAMPLE`. Аргумент `internal` является фиктивным (в нём всегда передаётся ноль) и введён только для того, чтобы эту функцию нельзя было вызывать напрямую из команд SQL. Возвращать эта функция должна структуру типа `TsmRoutine` (выделенную вызовом palloc), содержащую указатели на опорные функции для метода извлечения выборки. Эти опорные функции представляют собой простые функции на C, которые не видны и не могут вызываться на уровне SQL. Эти опорные функции описаны в Разделе 57.1.

В дополнение к указателям на функции в структуре `TsmRoutine` должны задаваться следующие дополнительные поля:

`List *parameterTypes`

: Это список OID, содержащий OID типов данных параметров, которые будут приниматься предложением `TABLESAMPLE` при использовании этого метода извлечения выборки. Например, для встроенных методов этот список содержит один элемент со значением `FLOAT4OID`, представляющий процент выборки. Другие методы могут иметь дополнительные или иные параметры.

`bool repeatable_across_queries`

: Если это поле равно `true`, данный метод извлечения выборки может выдавать одинаковые выборки при последовательных запросах с одними и теми же параметрами и значением затравки `REPEATABLE` при условии неизменности содержимого таблицы. Если равно `false`, предложение `REPEATABLE` не будет приниматься с этим методом извлечения выборки.

`bool repeatable_across_scans`

: Если это поле равно `true`, метод извлечения выборки может выдавать одинаковые выборки при последовательном сканировании в рамках одного запроса (предполагается неизменность параметров, значения затравки и снимка данных). Если равно `false`, планировщик не будет выбирать планы, требующие неоднократного сканирования выборки, так как это может привести к несогласованному результату запроса.

Тип структуры `TsmRoutine` объявлен в `src/include/access/tsmapi.h`, где можно найти дополнительную информацию.

Методы извлечения выборки, включённые в стандартный дистрибутив, могут послужить хорошим примером, если вы хотите написать свой метод. Код встроенных методов вы можете найти в подкаталоге `src/backend/access/tablesample` дерева исходного кода, а код дополнительных методов — в подкаталоге `contrib`.

57.1. Опорные функции метода извлечения выборки

Функция-обработчик TSM возвращает структуру `TsmRoutine` (выделенную вызовом palloc) с указателями на опорные функции, описанные ниже. Большинство этих функций обязательные, но некоторые — нет, и их указатели могут быть равны NULL.

```
void
SampleScanGetSampleSize (PlannerInfo *root,
                         RelOptInfo *baserel,
                         List *paramexprs,
                         BlockNumber *pages,
                         double *tuples);
```

Эта функция вызывается во время планирования. Она должна рассчитать число страниц отношения, которые будут прочитаны при сканировании выборки, и число кортежей, выбираемых при сканировании. (Например, эти числа можно получить, оценив процент выбираемых данных, а затем умножив `baserel->pages` и `baserel->tuples` на это значение и округлив результат до целых.) Список `paramexprs` содержит выражения, переданные в параметрах предложению `TABLESAMPLE`. Если для целей оценивания нужны их значения, рекомендуется воспользоваться `estimate_expression_value()`, чтобы попытаться свести эти выражения к константам; но данная функция должна выдавать оценку размера, даже если это не удастся, и не должна выдавать ошибку, даже если считает переданные значения неверными (помните, что это только приблизительные оценки чисел, которые будут получены во время выполнения). Параметры `pages` и `tuples` являются выходными.

```
void
InitSampleScan (SampleScanState *node,
                int eflags);
```

Выполняет инициализацию перед выполнением узла плана SampleScan. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для начала обработки. Узел `SampleScanState` уже был создан, но его поле `tsm_state` содержит NULL. Функция `InitSampleScan` может выделить через palloc область для любых внутренних данных, нужных методу извлечения выборки, и сохранить указатель на неё в `node->tsm_state`. Информацию о сканируемой таблице можно получить через другие поля узла `SampleScanState` (но заметьте, что дескриптор сканирования `node->ss.ss_currentScanDesc` ещё не настроен). Параметр `eflags` содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, собственно сканирование не будет выполняться, поэтому эта функция должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `EXPLAIN` и `EndSampleScan`.

Эту функцию можно опустить (присвоить указателю NULL), тогда вся инициализация, необходимая для метода извлечения выборки, должна иметь место в `BeginSampleScan`.

```
void
BeginSampleScan (SampleScanState *node,
                 Datum *params,
                 int nparams,
                 uint32 seed);
```

Начинает выполнение сканирования выборки. Эта функция вызывается непосредственно перед первой попыткой выбрать кортеж и может вызываться повторно, если потребуется перезапустить сканирование. Информацию о сканируемой таблице можно получить через поля узла `SampleScanState` (но заметьте, что дескриптор сканирования `node->ss.ss_currentScanDesc` ещё не настроен). Массив `params`, длины `nparams`, содержит значения параметров, переданных в предложении `TABLESAMPLE`. Их количество и типы задаются в списке `parameterTypes` метода выборки, и они гарантированно не равны NULL. Параметр `seed` содержит значение затравки, которое этот метод должен учитывать при генерации любых случайных чисел; это либо хеш, полученный из значения `REPEATABLE`, если оно было передано, либо результат `random()` в противном случае.

Эта функция может скорректировать поля `node->use_bulkread` и `node->use_pagemode`. Если поле `node->use_bulkread` равно `true` (это значение по умолчанию), при сканировании будет использоваться стратегия доступа к буферу, ориентированная на переработку буферов после использования. Может быть разумным присвоить ему `false`, если при сканировании будет просматриваться только небольшой процент страниц. Если поле `node->use_pagemode` равно `true` (это значение по умолчанию), при сканировании проверка видимости будет выполняться в один проход для всех кортежей на каждой просматриваемой странице. Может иметь смысл присвоить ему `false`, если при сканировании выбирается только небольшой процент кортежей на странице. В результате будет выполняться меньше проверок видимости кортежей, хотя каждая проверка будет дороже, так как потребует расширенную блокировку.

Если метод выборки помечен как `repeatable_across_scans`, он должен быть способен выбирать при повторном сканировании тот же набор кортежей, что был выбран в первый раз, то есть новый вызов `BeginSampleScan` должен приводить к выборке тех же кортежей, что и предыдущий (если параметры `TABLESAMPLE` и значение затравки не меняются).

```
BlockNumber
NextSampleBlock (SampleScanState *node, BlockNumber nblocks);
```

Возвращает номер блока следующей сканируемой страницы либо `InvalidBlockNumber`, если страниц для сканирования не осталось.

Эту функцию можно опустить (присвоить её указателю NULL), в этом случае код ядра произведёт последовательное сканирование всего отношения. Такое сканирование может быть синхронизированным, так что метод выборки не должен полагать, что страницы отношения каждый раз просматриваются в одном и том же порядке.

```
OffsetNumber
NextSampleTuple (SampleScanState *node,
                 BlockNumber blockno,
                 OffsetNumber maxoffset);
```

Возвращает номер смещения следующего кортежа, выбираемого с указанной страницы, либо `InvalidOffsetNumber`, если кортежей для выборки не осталось. В `maxoffset` задаётся максимальный номер смещения, допустимый на этой странице.

Примечание

`NextSampleTuple` не говорит явно, для каких из номеров смещений в диапазоне `1 .. maxoffset` действительно содержатся актуальные кортежи. Это обычно не проблема, так как код ядра игнорирует запросы на выборку несуществующих или невидимых кортежей; это не должно приводить к отклонениям в выборке. Однако при необходимости функция может прочитать в поле `node->donetuples` количество кортежей, которые оказались актуальными и видимыми, из числа тех, что она выдала.

Примечание

Функция `NextSampleTuple` *не* должна полагать, что в `blockno` будет получен тот же номер страницы, что был выдан при последнем вызове `NextSampleBlock`. Этот номер определённо был выдан при каком-то предыдущем вызове `NextSampleBlock`, но код ядра может вызывать `NextSampleBlock` перед тем, как собственно сканировать страницы, для поддержки упреждающего чтения. Однако можно рассчитывать на то, что как только начнётся выборка кортежей с одной данной страницы, все последующие вызовы `NextSampleTuple` будут обращаться к этой странице, пока не будет возвращено значение `InvalidOffsetNumber`.

```
void
EndSampleScan (SampleScanState *node);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через palloc, но все видимые извне ресурсы должны быть очищены. Эту функцию чаще всего можно опустить (присвоить её указателю NULL), если таких ресурсов нет.

Глава 58. Написание провайдера нестандартного сканирования

PostgreSQL поддерживает набор экспериментальных средств, предназначенных для того, чтобы модули расширения могли добавлять в систему новые типы сканирования. В отличие от обёртки сторонних данных, которая должна знать, как сканировать только собственные таблицы, провайдер сканирования может реализовать нестандартный вариант сканирования любого отношения в системе. Обычно к написанию провайдера нестандартного сканирования подталкивает желание реализовать какую-то оптимизацию, не поддерживаемую основной системой, например, кеширование или аппаратное ускорение некоторого рода. В этой главе рассказывается, как написать свой провайдер нестандартного сканирования.

Процесс реализации нестандартного сканирования нового типа состоит из трёх этапов. Во-первых, во время планирования необходимо построить пути доступа, представляющие сканирование с предлагаемой стратегией. Во-вторых, если один из этих путей доступа выбирается планировщиком как оптимальная стратегия сканирования определённого отношения, этот путь доступа должен быть преобразован в план. Наконец, должно быть возможно выполнить этот план, получив при этом те же результаты, что были бы получены с любым другим путём доступа, выбранным для того же отношения.

58.1. Создание нестандартных путей сканирования

Провайдер нестандартного сканирования обычно добавляет пути для базового отношения, установив следующий обработчик, который вызывается после того, как ядро построит все пути, какие сможет построить для отношения (за исключением путей Gather, которые создаются после этого вызова с тем, чтобы они могли использовать частичные пути, добавленные данным обработчиком):

```
typedef void (*set_rel_pathlist_hook_type) (PlannerInfo *root,
                                             RelOptInfo *rel,
                                             Index rti,
                                             RangeTblEntry *rte);
extern PGDLLIMPORT set_rel_pathlist_hook_type set_rel_pathlist_hook;
```

Хотя эта функция-обработчик может изучать, изменять или удалять пути, сформированные основной системой, провайдер нестандартного сканирования обычно ограничивается созданием объектов `CustomPath` и добавлением их в `rel` (с помощью `add_path`). Провайдер нестандартного сканирования отвечает за инициализацию объекта `CustomPath`, который описан так:

```
typedef struct CustomPath
{
    Path      path;
    uint32    flags;
    List     *custom_paths;
    List     *custom_private;
    const CustomPathMethods *methods;
} CustomPath;
```

Поле `path` должно инициализироваться как для любого другого пути и включать оценку числа строк, стоимость запуска и общую, а также порядок сортировки, устанавливаемый этим путём. Поле `flags` задаёт битовую маску, которая должна включать флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_BACKWARD_SCAN`, если нестандартный путь поддерживает сканирование назад, и `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`, если он поддерживает пометку позиции и её восстановление. Обе эти возможности являются факультативными. В необязательном поле `custom_paths` задаётся список узлов `Path`, используемых данным узлом; они будут преобразованы планировщиком в узлы `Plan`. В поле `custom_private` могут быть сохранены внутренние данные нестандартного пути. Сохранять их нужно в форме, которую может принять `nodeToString`, чтобы отладочные процедуры, пытающиеся вывести нестандартный путь, работали ожидаемым образом. Поле `methods` должно указывать на (обычно статически размещённый) объект, реализующий требуемые методы нестандартного пути, которые подробно описаны ниже.

Провайдер нестандартного сканирования может также реализовать пути соединений. Как и для базовых отношений, такой путь должен выдавать тот же результат, какой был бы получен обычным соединением, которое он заменяет. Для этого провайдер соединения должен установить следующий обработчик, а затем внутри функции-обработчика создать пути CustomPath для отношения соединения.

```
typedef void (*set_join_pathlist_hook_type) (PlannerInfo *root,
                                             RelOptInfo *joinrel,
                                             RelOptInfo *outerrel,
                                             RelOptInfo *innerrel,
                                             JoinType jointype,
                                             JoinPathExtraData *extra);
extern PGDLLIMPORT set_join_pathlist_hook_type set_join_pathlist_hook;
```

Этот обработчик будет вызываться многократно для одного отношения соединения с разными сочетаниями внутренних и внешних отношений; задача обработчика — минимизировать при этом дублирующиеся операции.

58.1.1. Обработчики пути нестандартного сканирования

```
Plan *(*PlanCustomPath) (PlannerInfo *root,
                         RelOptInfo *rel,
                         CustomPath *best_path,
                         List *tlist,
                         List *clauses,
                         List *custom_plans);
```

Преобразует нестандартный путь в законченный план. Возвращаемым значением обычно будет объект CustomScan, который этот обработчик должен разместить в памяти и инициализировать. За подробностями обратитесь к Разделу 58.2.

```
List *(*ReparameterizeCustomPathByChild) (PlannerInfo *root,
                                          List *custom_private,
                                          RelOptInfo *child_rel);
```

Этот обработчик вызывается при преобразовании пути, параметризованного самым верхним родителем данного дочернего отношения child_rel, в путь, параметризованный дочерним отношением. Он используется для изменения параметров любых путей или трансляции любых узлов выражений, сохранённых в поле custom_private переданной структуры CustomPath. Этот обработчик может по мере необходимости использовать reparameterize_path_by_child, adjust_appendrel_attrs или adjust_appendrel_attrs_multilevel.

58.2. Создание нестандартных планов сканирования

Нестандартное сканирование представляется в окончательном дереве плана в виде следующей структуры:

```
typedef struct CustomScan
{
    Scan      scan;
    uint32    flags;
    List     *custom_plans;
    List     *custom_exprs;
    List     *custom_private;
    List     *custom_scan_tlist;
    Bitmapset *custom_relids;
    const CustomScanMethods *methods;
```

```
} CustomScan;
```

Объект в поле scan должен быть инициализирован, как и для любого другого сканирования, и включать оценки стоимости, целевые списки, условия и т. д. Поле flags содержит битовую маску с тем же значением, что и в CustomPath. В поле custom_plans могут быть сохранены дочерние узлы Plan. В custom_exprs могут быть сохранены деревья выражений, которые будут исправляться кодом в setrefs.c и subselect.c, а в custom_private следует сохранить другие внутренние данные, которые будут использоваться только самим провайдером нестандартного сканирования. Поле custom_scan_tlist может содержать NIL при сканировании базового отношения, что будет показывать, что нестандартное сканирование возвращает кортежи, соответствующие типу строк базового отношения. В противном случае оно должно указывать на целевой список, описывающий фактические кортежи. Список custom_scan_tlist должен устанавливаться при соединениях и может задаваться при сканировании, если провайдер сканирования может вычислять какие-либо выражения без переменных. Поле custom_relids заполняется ядром и задаёт набор отношений (индексов в списке отношений), которые обрабатывает данный узел сканирования; когда имеет место сканирование, а не соединение, в этом списке будет всего один элемент. Поле methods должно указывать на объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы нестандартного сканирования, которые подробнее описываются ниже.

Когда CustomScan сканирует одно отношение, в scan.scanrelid должен задаваться индекс сканируемой таблицы в списке отношений. Когда он заменяет соединение, поле scan.scanrelid должно быть нулевым.

Деревья планов должны поддерживать возможность копирования функцией copyObject, так что все данные, сохранённые в «дополнительных» полях, должны быть узлами, которые может обработать эта функция. Более того, провайдеры нестандартного сканирования не могут заменять структуру CustomScan расширенной структурой, её содержащей, что возможно с CustomPath или CustomScanState.

58.2.1. Обработчики плана нестандартного сканирования

```
Node *(*CreateCustomScanState) (CustomScan *cscan);
```

Выделяет структуру CustomScanState для заданного объекта CustomScan. Фактически выделенная область будет обычно больше, чем требуется для самой структуры CustomScanState, так как многие провайдеры могут включать её в расширенную структуру в качестве первого поля. В возвращаемом значении должны быть подходящим образом заполнены тег узла и поле methods, но другие поля на данном этапе должны быть обнулены; после того как ExecInitCustomScan произведёт базовую инициализацию, будет вызван обработчик BeginCustomScan, в котором провайдер нестандартного сканирования может выполнить все остальные требуемые действия.

58.3. Выполнение нестандартного сканирования

Когда выполняется узел CustomScan, его состояние представляется структурой CustomScanState, объявленной следующим образом:

```
typedef struct CustomScanState
{
    ScanState ss;
    uint32    flags;
    const CustomExecMethods *methods;
} CustomScanState;
```

Поле ss инициализируется как и для состояния любого другого сканирования, за исключением того, что когда это сканирование для соединения, а не для базового отношения, в ss.ss_currentRelation остаётся NULL. Поле flags содержит битовую маску с тем же значением, что и в CustomPath и CustomScan. Поле methods должно указывать на объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы состояния нестандартного сканирования, подробнее описанные ниже. Обычно структура CustomScanState, которой не нужно поддерживать copyObject, фактически включается в расширенную структуру в качестве её первого члена.

58.3.1. Обработчики выполнения нестандартного сканирования

```
void (*BeginCustomScan) (CustomScanState *node,
                         EState *estate,
                         int eflags);
```

Завершает инициализацию переданного объекта `CustomScanState`. Стандартные поля инициализируются в `ExecInitCustomScan`, но все внутренние поля должны инициализироваться здесь.

```
TupleTableSlot *(*ExecCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Считывает следующий кортеж. В случае наличия кортежей эта функция должна записать в `ps_ResultTupleSlot` следующий кортеж в текущем направлении сканирования и вернуть слот с кортежем. Если же кортежей больше нет, она должна вернуть `NULL` или пустой слот.

```
void (*EndCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Очищает все внутренние данные, связанные с `CustomScanState`. Этот метод является обязательным, но он может ничего не делать, если такие данные отсутствуют или они будут очищены автоматически.

```
void (*ReScanCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Возвращает позицию текущего сканирования в начало и подготавливает повторное сканирование отношения.

```
void (*MarkPosCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Сохраняет текущую позицию сканирования, чтобы к ней впоследствии можно было вернуться, вызвав обработчик `RestrPosCustomScan`. Данный обработчик является необязательным и должен присутствовать, только если установлен флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`.

```
void (*RestrPosCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Восстанавливает предыдущую позицию сканирования, сохранённую обработчиком `MarkPosCustomScan`. Данный обработчик является необязательным и должен присутствовать, только если установлен флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`.

```
Size (*EstimateDSMCustomScan) (CustomScanState *node,
                               ParallelContext *pcxt);
```

Оценивает объём динамической разделяемой памяти, которая потребуется для параллельной операции. Это значение может превышать объём, который будет занят фактически, но не должно быть меньше. Возвращаемое значение задаётся в байтах. Этот обработчик не является обязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*InitializeDSMCustomScan) (CustomScanState *node,
                                 ParallelContext *pcxt,
                                 void *coordinate);
```

Инициализирует динамическую разделяемую память, которая потребуется для параллельной операции; `coordinate` указывает на область разделяемой памяти размера, равного возвращаемому значению `EstimateDSMCustomScan`. Этот обработчик является необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*ReInitializeDSMCustomScan) (CustomScanState *node,
                                   ParallelContext *pcxt,
                                   void *coordinate);
```

Заново инициализирует динамическую разделяемую память, требуемую для параллельной операции, перед тем как будет повторно просканирован узел нестандартного сканирования. Этот обработчик является необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение. В этом обработчике рекомендуется сбрасывать только общее состояние, а в обработчике ReScanCustomScan сбрасывать только локальное. В настоящее время этот обработчик будет вызываться перед ReScanCustomScan, но лучше на этот порядок не рассчитывать.

```
void (*InitializeWorkerCustomScan) (CustomScanState *node,
                                    shm_toc *toc,
                                    void *coordinate);
```

Инициализирует локальное состояние параллельного исполнителя на основе общего состояния, заданного ведущим исполнителем во время InitializeDSMCustomScan. Этот обработчик является необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*ShutdownCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Освобождает ресурсы, когда становится понятно, что этот узел больше не будет выполняться. Этот обработчик вызывается не во всех случаях; иногда может вызываться только EndCustomScan. Так как сегмент DSM, используемый параллельным запросом, освобождается сразу после вызова этого обработчика, провайдеры нестандартного сканирования, которым нужно выполнять некоторые действия до ликвидации сегмента DSM, должны реализовывать этот метод.

```
void (*ExplainCustomScan) (CustomScanState *node,
                           List *ancestors,
                           ExplainState *es);
```

Выводит дополнительную информацию для EXPLAIN об узле нестандартного сканирования. Этот обработчик является необязательным. Общие данные, сохранённые в ScanState, такие как целевой список и сканируемое отношение, будут выводиться и без этого обработчика, но с помощью этого обработчика можно выдать дополнительные, внутренние сведения.

Глава 59. Генетический оптимизатор запросов

Автор

Разработал Мартин Утеш (<utesch@aut.tu-freiberg.de>) для Института автоматического управления в Техническом университете Фрайбергская горная академия, Германия.

59.1. Обработка запроса как сложная задача оптимизации

Среди всех реляционных операторов самым сложным для обработки и оптимизации является *соединение*. В первую очередь потому, что по мере увеличения числа соединений в запросе число возможных планов запроса увеличивается экспоненциально. Дополнительная сложность оптимизации связана с наличием различных *методов соединения* (например, в PostgreSQL это вложенный цикл, соединение по хешу и соединение слиянием) для каждого отдельного соединения и разнообразием *индексов* (например, в PostgreSQL это B-дерево, хеш, GiST и GIN), определяющих путь доступа к отношениям.

Традиционный оптимизатор запросов PostgreSQL выполняет *почти исчерпывающий поиск* во всём множестве возможных стратегий. Этот алгоритм, появившийся в СУБД IBM System R, находит порядок соединений, близкий к оптимальному, но может требовать огромного количества времени и памяти, когда число соединений оказывается большим. В результате обычный оптимизатор PostgreSQL оказывается неподходящим для запросов, в которых соединяется большое количество таблиц.

Институт автоматического управления в Техническом университете Фрайбергская горная академия, Германия, столкнулся с этими проблемами, разрабатывая систему принятия решений на основе базы знаний для обслуживания электростанций, в которой в качестве СУБД планировалось применять PostgreSQL. Для машины, делающей выводы на основе базы знаний, СУБД должна была выполнять запросы с таким количеством соединений, что использование обычного оптимизатора запросов оказалось неприемлемым.

Далее мы опишем реализацию *генетического алгоритма*, который решает проблему выбора порядка соединений эффективным способом для запросов с большим числом соединений.

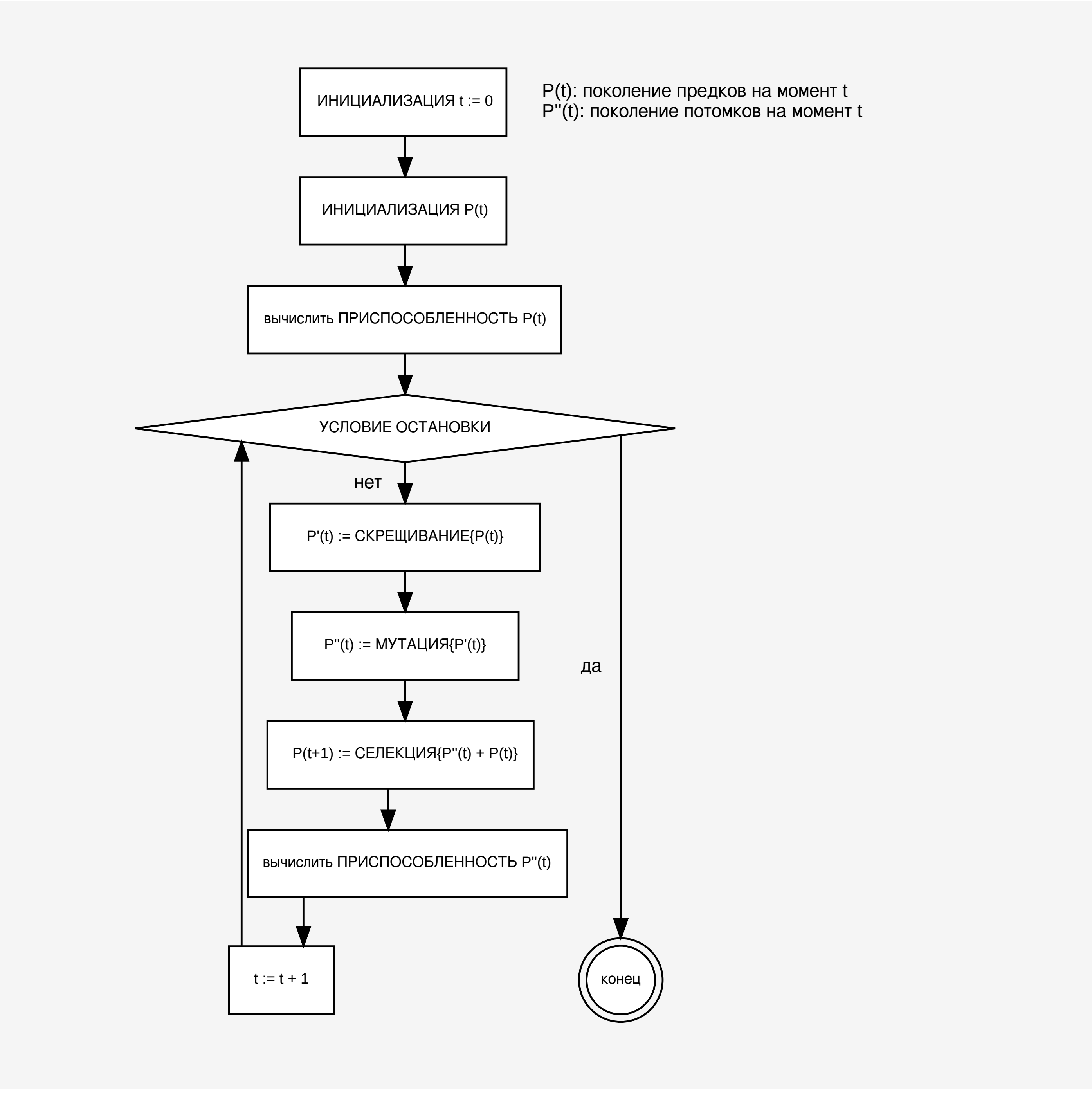
59.2. Генетические алгоритмы

Генетический алгоритм (ГА) реализует метод эвристической оптимизации, построенный на случайном поиске. В данном контексте множество возможных решений проблемы оптимизации называется *популяцией особей*. Степень адаптации особи к среде определяет функция *приспособленности*.

Координаты особи в пространстве поиска представляются *хромосомами*, которые по сути являются символьными строками. Фрагмент хромосомы, кодирующий значение одного оптимизируемого параметра, называется *геном*. Обычно ген кодируется в виде *двоичного* или *целочисленного* значения.

В результате симуляции эволюционных операций (*скрещивания*, *мутации* и *селекции*) данный алгоритм формирует новые поколения особей, у которых приспособленность в среднем будет выше, чем у их предшественников. Схема этих операций показана на Рисунке 59.1.

Рисунок 59.1. Структура генетического алгоритма



Как сказано в ответах на вопросы в группе comp.ai.genetic, нельзя не отметить, что ГА реализует не чисто случайный поиск решения проблемы. В ГА происходят вероятностные процессы, но результат явно оказывается не случайным (лучше случайного).

59.3. Генетическая оптимизация запросов (GEQO) в PostgreSQL

Модуль GEQO (Genetic Query Optimization, Генетическая оптимизация запросов) подходит к проблеме оптимизации запроса как к хорошо известной задаче коммивояжёра (TSP, Traveling Salesman Problem). Возможные планы запроса кодируются числами в строковом виде. Каждая строка представляет порядок соединения одного отношения из запроса со следующим. Например, дерево соединения

```
    /\
   /\ 2
  /\ 3
 4  1
```

кодируется строкой целых чисел '4-1-3-2', которая означает: сначала соединить отношения '4' и '1', потом добавить '3', а затем '2', где 1, 2, 3, 4 — идентификаторы отношений внутри оптимизатора PostgreSQL.

Реализация GEQO в PostgreSQL имеет следующие особые характеристики:

- Использование ГА с *зафиксированным состоянием* (когда заменяются наименее приспособленные особи популяции, а не всё поколение) способствует быстрой сходимости к улучшенным планам запроса. Это важно для обработки запроса за приемлемое время;
- Использование *скрещивания с обменом рёбер*, которое очень удачно минимизирует число потерянных рёбер при решении задачи коммивояжёра с применением ГА;
- Мутация как генетический оператор считается устаревшей, так что для получения допустимых путей TSP не требуются механизмы исправления.

Части модуля GEQO взяты из алгоритма Genitor, разработанного Д. Уитли.

В результате, модуль GEQO позволяет оптимизатору запросов PostgreSQL эффективно выполнять запросы со множеством соединений, обходясь без полного перебора вариантов.

59.3.1. Построение возможных планов с GEQO

В процедуре планирования в GEQO используется код стандартного планировщика, который строит планы сканирования отдельных отношений. Затем вырабатываются планы соединений с применением генетического подхода. Как было сказано выше, каждый план соединения представляется последовательностью чисел, определяющей порядок соединений базовых отношений. На начальной стадии код GEQO просто случайным образом генерирует несколько возможных последовательностей. Затем для каждой рассматриваемой последовательности вызывается функция стандартного планировщика, оценивающая стоимость запроса в случае выбора этого порядка соединений. (Для каждого шага последовательности рассматриваются все три возможные стратегии соединения и все изначально выбранные планы сканирования отношений. Результирующей оценкой стоимости будет минимальная из всех возможных.) Последовательности соединений с наименьшей оценкой стоимости считаются «более приспособленными», чем последовательности с большей оценкой. Проанализировав возможные последовательности, генетический алгоритм отбрасывает наименее приспособленные из них. Затем генерируются новые кандидаты путём объединения генов более приспособленных последовательностей — для этого выбираются случайные фрагменты известных последовательностей с низкой стоимостью, из которых складываются новые последовательности для рассмотрения. Этот процесс повторяется, пока не будет рассмотрено некоторое предопределённое количество последовательностей соединений; после этого для построения окончательного плана выбирается лучшая последовательность, найденная за всё время поиска.

Этот процесс по природе своей недетерминирован, вследствие случайного выбора при формировании начальной популяции и последующей «мутации» лучших кандидатов. Но во избежание неожиданных изменений выбранного плана, на каждом проходе алгоритм GEQO перезапускает свой генератор случайных чисел с текущим значением параметра geqo_seed. Поэтому пока значение `geqo_seed` и другие параметры GEQO остаются неизменными, для определённого запроса (и других входных данных планировщика, в частности, статистики) будет строиться один и тот же план. Если вы хотите поэкспериментировать с разными путями соединений, попробуйте изменить `geqo_seed`.

59.3.2. Будущее развитие модуля PostgreSQL GEQO

Требуется провести дополнительную работу для выбора оптимальных параметров генетического алгоритма. В файле `src/backend/optimizer/geqo/geqo_main.c`, подпрограммах `gimme_pool_size` и `gimme_number_generations`, мы должны найти компромиссные значения параметров, удовлетворяющие двум несовместимым требованиям:

- Оптимальность плана запроса
- Время вычисления

В текущей реализации приспособленность каждой рассматриваемой последовательности соединений рассчитывается стандартным планировщиком, который каждый раз вычисляет избирательность соединения и стоимость заново. С учётом того, что различные кандидаты могут содержать общие подпоследовательности соединений, при этом будет повторяться большой объём работы. Таким образом, расчёт можно значительно ускорить, сохраняя оценки стоимости для внутренних соединений, но сложность состоит в том, чтобы уместить это состояние в разумные объёмы памяти.

На более общем уровне не вполне понятно, насколько уместно для оптимизации запросов использовать ГА, предназначенный для решения задачи коммивояжёра. В этой задаче стоимость, связанная с любой подстрокой (частью тура) не зависит от остального маршрута, но это определённо не так для оптимизации запросов. Таким образом, возникает вопрос, насколько эффективно скрещивание путём обмена рёбрами.

59.4. Дополнительные источники информации

Дополнительную информацию о генетических алгоритмах можно получить в следующих источниках:

- *The Hitch-Hiker's Guide to Evolutionary Computation*, (Руководство для путешествующих автостопом по эволюционным вычислениям, Ответы на часто задаваемые вопросы в группе *news://comp.ai.genetic*)
- *Evolutionary Computation and its application to art and design* (Эволюционные вычисления и их применение в искусстве и дизайне), Крейг Рейнольдс
- elma04
- fong

Глава 60. Определение интерфейса для табличных методов доступа

В этой главе описывается интерфейс между ядром системы PostgreSQL и *табличными методами доступа*, которые управляют хранением таблиц. Ядро системы не знает об этих методах доступа ничего, кроме того, что описано здесь; благодаря этому можно реализовывать абсолютно новые типы методов в рамках расширений.

Каждый табличный метод доступа описывается строкой в системном каталоге `pg_am`. В записи `pg_am` указывается имя и *функция-обработчик* для этого табличного метода. Эти записи могут создаваться и удаляться командами SQL CREATE ACCESS METHOD и DROP ACCESS METHOD.

Функция-обработчик табличного метода доступа должна объявляться как принимающая один аргумент типа `internal` и возвращающая псевдотип `table_am_handler`. Аргумент в данном случае фиктивный и нужен только для того, чтобы эту функцию нельзя было вызывать непосредственно из команд SQL. Возвращать эта функция должна указатель на структуру типа `TableAmRoutine`, содержащую всё, что нужно знать коду ядра, чтобы использовать этот метод доступа. Возвращаемое значение должно существовать всё время жизни сервера, что обычно достигается объявлением глобальной переменной `static const`. Структура `TableAmRoutine`, также называемая структурой API метода доступа, определяет поведение метода доступа через обработчики. Эти обработчики задаются как обычные указатели на функции уровня C, поэтому они не видны и не доступны на уровне SQL. Все обработчики и их свойства задаются в структуре `TableAmRoutine`, в определении которой можно найти комментарии с требованиями к ним. Для большинства обработчиков созданы функции-обёртки, документированные с точки зрения пользователя (а не разработчика) табличного метода доступа. Более подробно это описывается в файле *`src/include/access/tableam.h`*.

Чтобы реализовать метод доступа (МД), разработчик обычно должен создать для него специальный слот таблицы кортежей (см. *`src/include/executor/tuptable.h`*), позволяющий коду снаружи метода доступа иметь ссылки на кортежи данного МД и обращаться к столбцам кортежа.

В настоящее время способ хранения данных, определяемый МД, может быть практически любым. Например, МД может по своему усмотрению использовать кеш общих буферов. Если этот кеш используется, скорее всего имеет смысл применять и стандартную компоновку страницы, описанную в Разделе 69.6.

Одним довольно серьёзным ограничением API табличных методов доступа является то, что в настоящее время МД может поддерживать модификации данных и/или индексы, только если для каждого кортежа имеется идентификатор (TID), состоящий из номера блока и номера элемента (см. также Раздел 69.6). Компоненты TIDs в принципе могут иметь значение, отличное от принятого для метода `heap`, но если желательно поддерживать сканирование по битовой карте (вообще это не обязательно), номер блока должен обеспечивать локальность данных.

Для восстановления при сбое МД может использовать WAL сервера или собственную реализацию журнала. В случае использования WAL в МД можно задействовать Унифицированные записи WAL или реализовать свой тип записей WAL. Использовать унифицированные записи проще, но они занимают больше места в WAL. Для реализации нового типа записей WAL в настоящее время необходимо вносить изменения в код ядра (в частности, в `src/include/access/rmgrlist.h`).

Чтобы реализовать поддержку транзакций способом, позволяющим обращаться к различным табличным методам в одной транзакции, скорее всего потребуется интегрировать её в механизм `src/backend/access/transam/xlog.c`.

Разработчик нового `табличного метода доступа` может почерпнуть другую полезную информацию из реализации существующего метода `heap`, находящейся в `src/backend/access/heap/heapam_handler.c`.

Глава 61. Определение интерфейса для индексных методов доступа

В этой главе описывается интерфейс между ядром системы PostgreSQL и *индексными методами доступа*, которые управляют отдельными типами индексов. Ядро системы не знает об индексах ничего, кроме того, что описано здесь; благодаря этому можно реализовывать абсолютно новые типы индексов в рамках расширений.

Все индексы PostgreSQL являются, говоря на техническом уровне, *вторичными индексами*; то есть, они физически отделены от файла таблицы, к которой относятся. Каждый индекс хранится в собственном отдельном физическом *отношении* и описывается в отдельной записи в каталоге `pg_class`. Содержимое индекса находится полностью под контролем соответствующего метода доступа. На практике все индексные методы доступа делят индексы на страницы стандартного размера, чтобы для обращения к содержимому индекса можно было задействовать обычный менеджер хранилища и менеджер буферов. (Более того, большинство существующих методов доступа используют одну структуру страницы, описанную в Разделе 69.6, и одинаковый формат заголовков кортежей индекса; но эти решения методам доступа не навязываются.)

Индекс по сути представляет собой сопоставление некоторых значений ключей данных с *идентификаторами кортежей*, TID (Tuple Identifier), или версиями строк в основной таблице индекса. TID состоит из номера блока и номера записи в этом блоке (см. Раздел 69.6). Этой информации достаточно, чтобы выбрать определённую версию строки из таблицы. Индексы сами по себе не знают, что в модели MVCC у одной логической строки может быть несколько существующих версий; для индекса каждый кортеж — независимый объект, которому нужна своя запись в индексе. Таким образом, при изменении строки для неё всегда заново создаются новые записи индекса, даже если значения ключа не изменились. (Кортежи HOT представляют собой исключение из этого утверждения; но индексы всё равно не имеют с этим дела.) Записи индексов для мёртвых кортежей высвобождаются (при очистке), когда высвобождаются сами мёртвые кортежи.

61.1. Базовая структура API для индексов

Каждый индексный метод доступа описывается строкой в системном каталоге `pg_am`. В записи `pg_am` указывается имя и *функция-обработчик* для этого метода. Эти записи могут создаваться и удаляться командами SQL CREATE ACCESS METHOD и DROP ACCESS METHOD.

Функция-обработчик индексного метода доступа должна объявляться как принимающая один аргумент типа `internal` и возвращающая псевдотип `index_am_handler`. Аргумент в данном случае фиктивный, и нужен только для того, чтобы эту функцию нельзя было вызывать непосредственно из команд SQL. Возвращать эта функция должна структуру типа `IndexAmRoutine` (в памяти palloc), содержащую всё, что нужно знать коду ядра, чтобы использовать этот метод доступа. Структура `IndexAmRoutine`, также называемая *структурой API* метода доступа, содержит поля, задающие разнообразные предопределённые свойства метода доступа, например, поддерживает ли он составные индексы. Что более важно, она содержит указатели на опорные функции для метода доступа. Это обычные функции на C и они не видны и не могут быть вызваны на уровне SQL. Опорные функции описаны в Разделе 61.2.

Структура `IndexAmRoutine` определяется так:

```
typedef struct IndexAmRoutine
{
    NodeTag     type;

    /*
     * Общее число стратегий (операторов), с которыми возможен поиск/применение
     * этого метода доступа (МД).  Ноль, если у этого МД нет фиксированного набора
     * назначенных стратегий.
     */
    uint16      amstrategies;
```

```
    /* общее число опорных функций, используемых этим МД */
    uint16      amsupport;
    /* номер опорной функции options либо 0 */
    uint16      amoptsprocnum;
    /* поддерживает ли МД упорядочивание (ORDER BY) значений индексированного столбца?
 */
    bool        amcanorder;
    /* поддерживает ли МД упорядочивание (ORDER BY) результата оператора с
 индексированным столбцом? */
    bool        amcanorderbyop;
    /* поддерживает ли МД сканирование в обратном направлении? */
    bool        amcanbackward;
    /* поддерживает ли МД уникальные индексы (UNIQUE)? */
    bool        amcanunique;
    /* поддерживает ли МД индексы с несколькими столбцами? */
    bool        amcanmulticol;
    /* требуется ли для сканирования с МД ограничение первого столбца индекса? */
    bool        amoptionalkey;
    /* воспринимает ли МД условия ScalarArrayOpExpr? */
    bool        amsearcharray;
    /* воспринимает ли МД условия IS NULL/IS NOT NULL? */
    bool        amsearchnulls;
    /* может ли тип, хранящийся в индексе, отличаться от типа столбца? */
    bool        amstorage;
    /* возможна ли кластеризация по индексу этого типа? */
    bool        amclusterable;
    /* обрабатывает ли МД предикатные блокировки? */
    bool        ampredlocks;
    /* поддерживает ли МД параллельное сканирование? */
    bool        amcanparallel;
    /* поддерживает ли МД неключевые столбцы, добавляемые указанием INCLUDE? */
    bool        amcaninclude;
    /* использует ли МД maintenance_work_mem? */
    bool        amusemaintenanceworkmem;
    /* ИЛИ флаги параллельной очистки */
    uint8       amparallelvacuumoptions;
    /* тип данных, хранящихся в индексе, либо InvalidOid, если он переменный */
    Oid         amkeytype;

    /* интерфейсные функции */
    ambuild_function ambuild;
    ambuildempty_function ambuildempty;
    aminsert_function aminsert;
    ambulkdelete_function ambulkdelete;
    amvacuumcleanup_function amvacuumcleanup;
    amcanreturn_function amcanreturn;   /* может быть NULL */
    amcostestimate_function amcostestimate;
    amoptions_function amoptions;
    amproperty_function amproperty;     /* может быть NULL */
    ambuildphasename_function ambuildphasename;   /* может быть NULL */
    amvalidate_function amvalidate;
    ambeginscan_function ambeginscan;
    amrescan_function amrescan;
    amgettuple_function amgettuple;     /* может быть NULL */
    amgetbitmap_function amgetbitmap;   /* может быть NULL */
    amendscan_function amendscan;
    ammarkpos_function ammarkpos;       /* может быть NULL */
    amrestrpos_function amrestrpos;     /* может быть NULL */
```

```
    /* интерфейсные функции для поддержки параллельного сканирования по индексу */
    amestimateparallelscan_function amestimateparallelscan;    /* может быть NULL */
    aminitparallelscan_function aminitparallelscan;            /* может быть NULL */
    amparallelrescan_function amparallelrescan;                /* может быть NULL */
} IndexAmRoutine;
```

Чтобы индексный метод доступа применялся, необходимо также определить *семейства операторов* и *классы операторов* в pg_opfamily, pg_opclass, pg_amop и pg_amproc. Эти записи позволяют планировщику понять, для каких видов условий запросов могут применяться индексы с данными методом доступа. Семейства и классы операторов описываются в Разделе 37.16; этот материал необходимо изучить, прежде чем читать данную главу.

Отдельный индекс определяется записью в pg_class, описывающей его как физическое отношение, и записью в pg_index, представляющей логическое содержание индекса — то есть, набор столбцов индекса и семантическое значение этих столбцов, установленное соответствующими классами операторов. Столбцами индекса (значениями ключа) могут быть либо простые столбцы нижележащей таблицы, либо выражения, вычисляемые по строкам таблицы. Для индексного метода доступа обычно не важно, откуда поступают значения ключа индекса (они всегда поступают в вычисленном виде), но очень важна информация о классе операторов в каталоге pg_index. Обе эти записи каталогов представлены в составе структуры данных Relation, которая передаётся всем функциям, реализующим операции с индексом.

С некоторыми полями флагов в IndexAmRoutine связаны неочевидные следствия. Требования индексов с amcanunique описаны в Разделе 61.5. Флаг amcanmulticol показывает, что метод доступа поддерживает составные индексы, а amoptionalkey обозначает, что метод позволяет выполнить сканирование при отсутствии индексируемого ограничивающего условия для первого столбца индекса. Когда amcanmulticol равен false, amoptionalkey по сути говорит, поддерживает ли метод доступа полное сканирование по индексу без ограничивающего условия. Методы доступа, поддерживающие индексы с несколькими ключевыми столбцами, *должны* поддерживать сканирования при отсутствии ограничений любых или всех столбцов после первого; однако они могут требовать присутствия какого-либо ограничения для первого столбца индекса, и это требование отмечается значением false флага amoptionalkey. В amoptionalkey для метода доступа может устанавливаться false, например, когда этот метод доступа не индексирует значения. Так как большинство индексируемых операторов — строгие, и поэтому не могут вернуть true для операндов NULL, на первый взгляд кажется заманчивой идея не хранить записи индекса для значений NULL: они всё равно никак не могут быть прочитаны при сканировании индекса. Однако этот аргумент отпадает, когда при сканировании индекса вовсе отсутствует ограничение данного столбца индекса. На практике это означает, что индексы с установленным флагом amoptionalkey должны индексировать значения NULL, так как планировщик может склониться к использованию этого индекса вообще без ключей. С этим связано ещё одно ограничение — индексный метод доступа, поддерживающий составные индексы, *должен* поддерживать индексирование значений NULL в столбцах после первого, так как планировщик будет полагать, что индекс можно применять для запросов, в которых эти столбцы не ограничиваются. Например, рассмотрим индекс по (a,b) и запрос с ограничением WHERE a = 4. Система будет полагать, что по этому индексу можно просканировать строки с a = 4, но это будет неверно, если индекс исключит строки, в которых b — NULL. Однако этот индекс вполне может исключить строки, в которых первый столбец содержит NULL. Метод индекса, который индексирует значения NULL, может также установить флаг amsearchnulls, отметив тем самым, что он поддерживает в качестве условий поиска IS NULL и IS NOT NULL.

Флаг amcaninclude показывает, поддерживает ли метод доступа «неключевые» столбцы, то есть может ли он сохранить (без обработки) дополнительные столбцы помимо ключевых. Требования в предыдущем абзаце распространяются только на ключевые столбцы. В частности, сочетание amcanmulticol=false и amcaninclude=true вполне осмысленно: оно означает, что в индексе может быть только один ключевой столбец и при этом несколько дополнительных неключевых столбцов. Кроме того, неключевые столбцы должны допускать значение null вне зависимости от флага amoptionalkey.

61.2. Функции для индексных методов доступа

Индексный метод доступа должен определить в IndexAmRoutine следующие функции построения и обслуживания индексов:

```
IndexBuildResult *
ambuild (Relation heapRelation,
         Relation indexRelation,
         IndexInfo *indexInfo);
```

Строит новый индекс. Отношение индекса уже физически создано, но пока пусто. Оно должно быть наполнено фиксированными данными, которые требуются методу доступа, и записями для всех кортежей, уже существующих в таблице. Обычно функция ambuild вызывает table_index_build_scan() для поиска в таблице существующих кортежей и для вычисления ключей, которые должны вставляться в этот индекс. Эта функция должна возвращать структуру, выделенную вызовом palloc и содержащую статистику нового индекса.

```
void
ambuildempty (Relation indexRelation);
```

Создаёт пустой индекс и записывает его в слой инициализации (INIT_FORKNUM) данного отношения. Этот метод вызывается только для нежурналируемых индексов; пустой индекс, записанный в слой инициализации, будет копироваться в основной слой отношения при каждом перезапуске сервера.

```
bool
aminsert (Relation indexRelation,
          Datum *values,
          bool *isnull,
          ItemPointer heap_tid,
          Relation heapRelation,
          IndexUniqueCheck checkUnique,
          IndexInfo *indexInfo);
```

Вставляет новый кортеж в существующий индекс. В массивах values и isnull передаются значения ключа, которые должны быть проиндексированы, а в heap_tid — идентификатор индексируемого кортежа (TID). Если метод доступа поддерживает уникальные индексы (флаг amcanunique установлен), параметр checkUnique указывает, какая проверка уникальности должна выполняться. Это зависит от того, является ли ограничение уникальности откладываемым; за подробностями обратитесь к Разделу 61.5. Обычно параметр heapRelation нужен методу доступа только для проверки уникальности (так как он должен обратиться к основным данным, чтобы убедиться в актуальности кортежа).

Возвращаемый функцией булев результат имеет значение, только когда параметр checkUnique равен UNIQUE_CHECK_PARTIAL. В этом случае результат true означает, что новая запись признана уникальной, тогда как false означает, что она может быть неуникальной (и требуется назначить отложенную проверку уникальности). В других случаях рекомендуется возвращать постоянный результат false.

Некоторые индексы могут индексировать не все кортежи. Если кортеж не будет индексирован, aminsert должна просто завершиться, не делая ничего.

Если индексный МД хочет кешировать данные между операциями добавления в индекс в одном операторе SQL, он может выделить память в indexInfo->ii_Context и сохранить указатель на эти данные в поле indexInfo->ii_AmCache (которое изначально равно NULL).

```
IndexBulkDeleteResult *
ambulkdelete (IndexVacuumInfo *info,
              IndexBulkDeleteResult *stats,
              IndexBulkDeleteCallback callback,
              void *callback_state);
```

Удаляет кортеж(и) из индекса. Это операция «массового удаления», которая предположительно будет реализована путём сканирования всего индекса и проверки для каждой записи, должна ли она удаляться. Переданная функция `callback` должна вызываться в стиле `callback(TID, callback_state)` с результатом bool, который говорит, должна ли удаляться запись индекса, на которую указывает передаваемый TID. Возвращать эта функция должна NULL или структуру, выделенную вызовом palloc и содержащую статистику результата удаления. NULL можно вернуть, если никакая информация не должна передаваться в `amvacuumcleanup`.

Из-за ограничения `maintenance_work_mem` процедура `ambulkdelete` может вызываться несколько раз, когда удалению подлежит большое количество кортежей. В аргументе `stats` передаётся результат предыдущего вызова для данного индекса (при первом вызове в ходе операции `VACUUM` он содержит NULL). Это позволяет методу доступа накапливать статистику в процессе всей операции. Обычно `ambulkdelete` модифицирует и возвращает одну и ту же структуру, если в `stats` передаётся не NULL.

```
IndexBulkDeleteResult *
amvacuumcleanup (IndexVacuumInfo *info,
                 IndexBulkDeleteResult *stats);
```

Провести уборку после операции `VACUUM` (до этого `ambulkdelete` могла вызываться несколько или ноль раз). От этой функции не требуется ничего, кроме как выдать статистику по индексу, но она может произвести массовую уборку, например, высвободить пустые страницы индекса. В `stats` ей передаётся структура, возвращённая при последнем вызове `ambulkdelete`, либо NULL, если `ambulkdelete` не вызывалась, так как никакие кортежи удалять не требовалось. Эта функция должна возвращать NULL или структуру, выделенную вызовом palloc. Содержащаяся в этой структуре статистика будет отражена в записи в `pg_class` и попадёт в вывод команды `VACUUM`, если она выполнялась с указанием `VERBOSE`. NULL может возвращаться, если индекс вовсе не изменился в процессе операции `VACUUM`, но в противном случае должна возвращаться корректная статистика.

Начиная с PostgreSQL версии 8.4, `amvacuumcleanup` также вызывается в конце операции `ANALYZE`. В этом случае `stats` всегда NULL и любое возвращаемое значение игнорируется. Этот вариант вызова можно распознать, проверив поле `info->analyze_only`. При таком вызове методу доступа рекомендуется ничего не делать, кроме как провести уборку после добавления данных, и только в рабочем процессе автоочистки.

```
bool
amcanreturn (Relation indexRelation, int attno);
```

Проверяет, поддерживается ли *сканирование только индекса* для заданного столбца, когда из индекса можно получить исходное значение столбца. Атрибуты нумеруются с 1, то есть для первого столбца attno равен 1. Возвращает true, если такое сканирование поддерживается, а иначе — false. Эта функция должна всегда возвращать true для неключевых столбцов (если таковые поддерживаются), так как неключевые столбцы, значения которые нельзя извлечь, не имеют смысла. Если индексный метод доступа в принципе не поддерживает сканирование только индекса, в поле `amcanreturn` его структуры `IndexAmRoutine` можно записать NULL.

```
void
amcostestimate (PlannerInfo *root,
                IndexPath *path,
                double loop_count,
                Cost *indexStartupCost,
                Cost *indexTotalCost,
                Selectivity *indexSelectivity,
                double *indexCorrelation,
                double *indexPages);
```

Рассчитывает примерную стоимость сканирования индекса. Эта функция полностью описывается ниже в Разделе 61.6.

```
bytea *
```

```
amoptions (ArrayType *reloptions,
           bool validate);
```

Разбирает и проверяет массив параметров для индекса. Эта функция вызывается, только когда для индекса задан отличный от NULL массив reloptions. Массив *reloptions* состоит из элементов типа `text`, содержащих записи вида *имя=значение*. Данная функция должна получить значение типа `bytea`, которое будет скопировано в поле `rd_options` записи индекса в relcache. Содержимое этого значения `bytea` определяется самим методом доступа; большинство стандартных методов доступа помещают в него структуру `StdRdOptions`. Когда параметр *validate* равен true, эта функция должна выдать подходящее сообщение об ошибке, если какие-либо параметры нераспознаны или имеют недопустимые значения; если же *validate* равен false, некорректные записи должны просто игнорироваться. (В *validate* передаётся false, когда параметры уже загружены в `pg_catalog`; при этом неверная запись может быть обнаружена, только если в методе доступа поменялись правила обработки параметров, и в этом случае стоит просто игнорировать такие записи.) NULL можно вернуть, когда нужно получить поведение по умолчанию.

```
bool
amproperty (Oid index_oid, int attno,
            IndexAMProperty prop, const char *propname,
            bool *res, bool *isnull);
```

Процедура `amproperty` позволяет индексным методам доступа переопределять стандартное поведение функции `pg_index_column_has_property` и связанных с ней. Если метод доступа не проявляет никаких особенностей при запросе свойств индексов, поле `amproperty` в структуре `IndexAmRoutine` может содержать NULL. В противном случае процедура `amproperty` будет вызываться с нулевыми параметрами *index_oid* и *attno* при вызове `pg_indexam_has_property`, либо с корректным *index_oid* и нулевым *attno* при вызове `pg_index_has_property`, либо с корректным *index_oid* и положительным *attno* при вызове `pg_index_column_has_property`. В *prop* передаётся значение перечисления, указывающее на проверяемое значение, а в *propname* — строка с именем свойства. Если код ядра не распознаёт имя свойства, в *prop* передаётся `AMPROP_UNKNOWN`. Методы доступа могут воспринимать нестандартные имена свойств, проверяя *propname* на совпадение (для согласованности с кодом ядра используйте для проверки `pg_strcasecmp`); для имён, известных коду ядра, лучше проверять *prop*. Если процедура `amproperty` возвращает `true`, это значит, что она установила результат проверки свойства: она должна задать в `*res` возвращаемое логическое значение или установить в `*isnull` значение `true`, чтобы возвратить NULL. (Перед вызовом обе упомянутые переменные инициализируются значением `false`.) Если `amproperty` возвращает `false`, код ядра переключается на обычную логику определения результата проверки свойства.

Методы доступа, поддерживающие операторы упорядочивания, должны реализовывать проверку свойства `AMPROP_DISTANCE_ORDERABLE`, так как код ядра не знает, как это сделать и возвращает NULL. Также может быть полезно реализовать проверку `AMPROP_RETURNABLE`, если это можно сделать проще, чем обращаясь к индексу и вызывая `amcanreturn` (что делает код ядра по умолчанию). Для всех остальных стандартных свойств поведение ядра по умолчанию можно считать удовлетворительным.

```
char *
ambuildphasename (int64 phasenum);
```

Возвращает текстовое название переданной фазы построения индекса. Номера фаз передаются в процессе построения индекса функции `pgstat_progress_update_param`. Названия фаз показываются в представлении `pg_stat_progress_create_index`.

```
bool
amvalidate (Oid opclassoid);
```

Проверяет записи в каталоге для заданного класса операторов, насколько это может сделать метод доступа. Например, это может включать проверку, все ли необходимые опорные функции реализованы. Функция `amvalidate` должна вернуть false, если класс операторов непригоден к использованию. Сообщения о проблеме следует выдать через `ereport`.

Цель индекса, конечно, в том, чтобы поддерживать поиск кортежей, соответствующих индексируемому условию WHERE, по *ограничению* или *ключу поиска*. Сканирование индекса описывается более полно ниже, в Разделе 61.3. Индексный метод доступа может поддерживать «простое» сканирование, сканирование по «битовой карте» или и то, и другое. Метод доступа должен или может реализовывать следующие функции, связанные со сканированием:

```
IndexScanDesc
ambeginscan (Relation indexRelation,
             int nkeys,
             int norderbys);
```

Подготавливает метод к сканированию индекса. В параметрах nkeys и norderbys задаётся количество операторов условия и сортировки, которые будут задействованы при сканировании; это может быть полезно для выделения памяти. Заметьте, что фактические значения ключей сканирования в этот момент ещё не предоставляются. В результате функция должна выдать структуру, выделенную средствами palloc. В связи с особенностями реализации, метод доступа *должен* создать эту структуру, вызвав RelationGetIndexScan(). В большинстве случаев все действия ambeginscan сводятся только к выполнению этого вызова и, возможно, получению блокировок; всё самое интересное при запуске сканирования индекса происходит в amrescan.

```
void
amrescan (IndexScanDesc scan,
          ScanKey keys,
          int nkeys,
          ScanKey orderbys,
          int norderbys);
```

Запускает или перезапускает сканирование индекса, возможно, с новыми ключами сканирования. (Для перезапуска сканирования с ранее переданными ключами в keys и/или orderbys передаётся NULL.) Заметьте, что количество ключей или операторов сортировки не может превышать значения, поступившие в ambeginscan. На практике возможность перезапуска используется, когда в соединении со вложенным циклом выбирается новый внешний кортеж, так что требуется сравнение с новым ключом, но структура ключей сканирования не меняется.

```
bool
amgettuple (IndexScanDesc scan,
            ScanDirection direction);
```

Выбирает следующий кортеж в ходе данного сканирования, с передвижением по индексу в заданном направлении (вперёд или назад). Возвращает true, если кортеж был получен, или false, если подходящих кортежей не осталось. В случае успеха в структуре scan сохраняется TID кортежа. Заметьте, что под «успехом» здесь подразумевается только, что индекс содержит запись, соответствующую ключам сканирования, а не то, что данный кортеж обязательно существует в данных или оказывается видимым в снимке вызывающего субъекта. При положительном результате amgettuple должна также установить для свойства scan->xs_recheck значение true или false. Значение false будет означать, что запись индекса точно соответствует ключам сканирования, а true — что есть сомнение в этом, так что условия, представленные ключами сканирования, необходимо ещё раз перепроверить для фактического кортежа, когда он будет получен. Это свойство введено для поддержки «неточных» операторов индексов. Заметьте, что такая перепроверка касается только условий сканирования; предикат частичного индекса (если он имеется) никогда не перепроверяется кодом, вызывающим amgettuple.

Если индекс поддерживает сканирование только индекса (то есть amcanreturn выдаёт true для каких-либо его столбцов), то в случае успеха метод доступа должен также проверить флаг scan->xs_want_itup и, если он установлен, должен вернуть исходные индексированные данные для этой записи индекса. В столбцах, для которых amcanreturn выдаёт false, можно вернуть null. Данные могут возвращаться посредством указателя на IndexTuple, сохранённого в scan->xs_itup, с дескриптором scan->xs_itupdesc; либо посредством указателя на HeapTuple, сохранённого в scan->xs_hitup, с дескриптором кортежа scan->xs_hitupdesc. (Второй вариант должен использоваться при восстановлении данных, которые могут не уместиться в IndexTuple.) В любом случае за управление целевой областью данных, определяемой этим указателем, отвечает метод доступа. Данные должны оставаться актуальными как минимум до следующего вызова `amgettuple`, `amrescan` или `amendscan` в процессе сканирования.

Функция `amgettuple` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает «простое» сканирование индекса. В противном случае поле `amgettuple` в структуре `IndexAmRoutine` должно содержать NULL.

```
int64
amgetbitmap (IndexScanDesc scan,
             TIDBitmap *tbm);
```

Выбирает все кортежи для данного сканирования и добавляет их в передаваемую вызывающим кодом структуру `TIDBitmap` (то есть, получает логическое объединение множества TID выбранных кортежей с множеством, уже записанным в битовой карте). Возвращает эта функция число полученных кортежей (это может быть только приблизительная оценка; например, некоторые методы доступа не учитывают повторяющиеся значения). Добавляя идентификаторы кортежей в битовую карту, `amgetbitmap` может обозначить, что для этих кортежей нужно перепроверить условия сканирования. Для этого так же, как и в `amgettuple`, устанавливается выходной параметр `xs_recheck`. Замечание: в текущей реализации эта возможность увязывается с возможностью неточного хранения самих битовых карт, таким образом вызывающий код перепроверяет для отмеченных кортежей и условия сканирования, и предикат частичного индекса (если он имеется). Однако так может быть не всегда. Функции `amgetbitmap` и `amgettuple` не могут использоваться в одном сканировании индекса; есть и другие ограничения в применении `amgetbitmap`, описанные в Разделе 61.3.

Функция `amgetbitmap` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование индекса «по битовой карте». В противном случае поле `amgetbitmap` в структуре `IndexAmRoutine` должно содержать NULL.

```
void
amendscan (IndexScanDesc scan);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Саму структуру `scan` освобождать не следует, но любые блокировки или закрепления объектов, установленные внутри метода доступа, должны быть сняты.

```
void
ammarkpos (IndexScanDesc scan);
```

Помечает текущую позицию сканирования. Метод доступа должен поддерживать сохранение только одной позиции в процессе сканирования.

Функция `ammarkpos` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование по порядку. Если это не так, в поле `ammarkpos` в структуре `IndexAmRoutine` можно записать NULL.

```
void
amrestrpos (IndexScanDesc scan);
```

Восстанавливает позицию сканирования, отмеченную последней.

Функция `amrestrpos` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование по порядку. Если это не так, в поле `amrestrpos` в структуре `IndexAmRoutine` можно записать NULL.

Помимо обычного сканирования некоторые типы индексов могут поддерживать *параллельное сканирование индекса*, что позволяет осуществлять совместное сканирование индекса нескольким обслуживающим процессам. Для этого метод доступа должен организовать работу так, чтобы каждый из взаимодействующих процессов возвращал подмножество кортежей, которое бы возвращалось при обычном, не параллельном сканировании, и таким образом, чтобы объединение этих подмножеств совпадало с множеством кортежей, возвращаемых при обычном сканировании. Более того, чтобы не требовалась глобальная сортировка кортежей, возвращаемых при параллельном сканировании, порядок кортежей в подмножествах, выдаваемых всеми взаимодействующими процессами, должен соответствовать запрошенному. Для поддержки параллельного сканирования по индексу должны быть реализованы следующие функции:

```
Size
amestimateparallelscan (void);
```

Рассчитывает и возвращает объём (в байтах) в динамической разделяемой памяти, который может потребоваться для осуществления параллельного сканирования. (Этот объём дополняет, а не заменяет объём памяти, затребованный для данных, независимо от МД, в `ParallelIndexScanDescData`.)

Эту функцию можно не реализовывать для методов доступа, которые не поддерживают параллельное сканирование, или для которых объём дополнительно требующейся памяти равен нулю.

```
void
aminitparallelscan (void *target);
```

Эта функция будет вызываться для инициализации области динамической разделяемой памяти в начале параллельного сканирования. Параметр *`target`* будет указывать на область объёма, не меньшего, чем возвратила функция `amestimateparallelscan`, и данная функция может хранить в этой области любые нужные ей данные.

Эту функцию можно не реализовывать для методов доступа, которые не поддерживают параллельное сканирование, или когда выделенная область в разделяемой памяти не требует инициализации.

```
void
amparallelrescan (IndexScanDesc scan);
```

Эта функция, если её реализовать, будет вызываться перед перезапуском параллельного сканирования индекса. Она должна сбросить всё разделяемое состояние, установленное функцией `aminitparallelscan`, с тем, чтобы такое сканирование перезапустилось с начала.

61.3. Сканирование индекса

В процессе сканирования индексный метод доступа отвечает только за выдачу идентификаторов всех кортежей, которые по его представлению соответствуют *ключам сканирования*. Метод доступа *не* участвует в самой процедуре выборки этих кортежей из основной таблицы и не определяет, удовлетворяют ли эти кортежи условиям видимости или другим ограничениям.

Ключом сканирования является внутреннее представление предложения `WHERE` в виде *`ключ_индекса оператор константа`*, где ключ индекса — один из столбцов индекса, а оператор — один из членов семейства операторов, связанного с типом данного столбца. При сканировании по индексу могут задаваться несколько или ноль ключей сканирования, результаты поиска которых должны неявно объединяться операцией AND — ожидается, что возвращаемые кортежи будут удовлетворять всем заданным условиям.

Метод доступа для конкретного запроса может сообщить, что индекс является *неточным* или, другими словами, требует перепроверки. Это подразумевает, что при сканировании индекса будут возвращены все записи, соответствующие ключу сканирования, плюс, возможно, дополнительные записи, которые ему не соответствуют. Внутренний механизм сканирования затем повторно применит условия индекса к кортежу данных, чтобы проверить, нужно ли его выбирать на самом деле. Если признак перепроверки не установлен, при сканировании индекса должны возвращаться только соответствующие ключам записи.

Заметьте, что именно метод доступа должен гарантировать, что корректно будут найдены все и только те записи, которые соответствуют всем переданным ключам сканирования. Также учтите, что ядро системы просто передаёт все предложения `WHERE` с подходящими ключами индекса и семействами операторов, не проводя семантический анализ на предмет их избыточности или противоречивости. Например, с условием `WHERE x > 4 AND x > 14`, где `x` — столбец с индексом-B-деревом, именно самой функции `amrescan` в методе B-дерева предоставляется возможность понять, что первый ключ сканирования избыточный и может быть отброшен. Объём предварительной обработки, которую нужно произвести для этого в `amrescan`, зависит от того, до какой степени метод доступа должен сводить ключи к «нормализованной» форме.

Некоторые методы доступа возвращают записи индекса в чётко определённом порядке, в отличие от других. Фактически есть два различных варианта реализации упорядоченного вывода некоторым методом доступа:

- Для методов доступа, которые всегда возвращают записи в порядке их естественной сортировки (как например, в B-дереве), устанавливается признак `amcanorder`. В настоящее время операторам проверки равенства и упорядочивания при этом должны назначаться номера соответствующих стратегий B-дерева.
- Для методов доступа, которые поддерживают операторы упорядочивания, устанавливается признак `amcanorderbyop`. Он показывает, что индекс может возвращать записи в порядке, определяемом предложением `ORDER BY` *`ключ_индекса оператор константа`*. Модификаторы для такого сканирования могут передаваться в `amrescan`, как описывалось ранее.

У функции `amgettuple` есть аргумент `direction`, который может принимать значение `ForwardScanDirection` (обычный вариант, сканирование вперёд) или `BackwardScanDirection` (сканирование назад). Если в первом вызове после `amrescan` указывается `BackwardScanDirection`, то множество соответствующих записей индекса сканируется от конца к началу, а не в обычном направлении от начала к концу. В этом случае `amgettuple` должна вернуть последний соответствующий кортеж индекса, а не первый как обычно. (Это распространяется только на методы доступа с установленным признаком `amcanorder`.) После первого вызова `amgettuple` должна быть готова продолжать сканирование в любом направлении от записи, выданной последней до этого. (Но если признак `amcanbackward` не установлен, при всех последующих вызовах должно сохраняться то же направление, что было в первом.)

Методы доступа, которые поддерживают упорядоченное сканирование, должны уметь «помечать» позицию сканирования и затем возвращаться к помеченной позиции (возможно, несколько раз к одной и той же позиции). Но запоминаться должна только одна позиция в ходе сканирования; последующий вызов `ammarkpos` переопределяет ранее сохранённую позицию. Метод доступа, не поддерживающий упорядоченное сканирование, не должен определять функции `ammarkpos` и `amrestrpos` в `IndexAmRoutine`; достаточно записать в эти указатели NULL.

И позиция сканирования, и отмеченная позиция (при наличии) должны поддерживаться в согласованном состоянии с учётом одновременных добавлений или удалений записей в индексе. Не будет ошибкой, если только что вставленная запись не будет выдана при сканировании, которое могло бы найти эту запись, если бы она существовала до его начала, либо если сканирование выдаст такую запись после перезапуска или возврата, даже если она не была выдана в первый раз. Подобным образом, параллельное удаление может отражаться, а может и не отражаться в результатах сканирования. Важно только, чтобы при таких операциях добавления или удаления не происходило потерь или дублирования записей, которые в этих операциях не участвовали.

Если индекс сохраняет исходные индексируемые значения данных (а не их искажённое представление), обычно полезно поддержать сканирование только индекса, при котором индекс возвращает фактические данные, а не только TID кортежа данных. Это позволит соптимизировать ввод/вывод, только если карта видимости показывает, что TID относится к полностью видимой странице; в противном случае всё равно придётся посетить кортеж, чтобы проверить его видимость для MVCC. Но это не является заботой метода доступа.

Вместо `amgettuple`, сканирование индекса может осуществляться функцией `amgetbitmap`, которая выбирает все кортежи за один вызов. Это может быть значительно эффективнее `amgettuple`, так как позволяет избежать циклов блокировки/разблокировки в методе доступа. В принципе, `amgetbitmap` должна давать тот же эффект, что и многократные вызовы `amgettuple`, но простоты ради мы накладываем ряд дополнительных ограничений. Во-первых, `amgetbitmap` возвращает все кортежи сразу и не поддерживает пометку позиций и возвращение к ним. Во-вторых, кортежи, возвращаемые в битовой карте, не упорядочиваются каким-либо определённым образом, поэтому amgetbitmap не принимает аргумент direction. (И операторы упорядочивания никогда не будут передаваться для такого сканирования.) Кроме того, сканирование только индекса с amgetbitmap неосуществимо, так как нет никакой возможности возвратить содержимое кортежей индекса. Наконец, amgetbitmap не гарантирует, что будут установлены какие-либо блокировки для возвращаемых кортежей, и следствия этого описаны в Разделе 61.4.

Заметьте, что метод доступа может реализовывать только функцию amgetbitmap, но не amgettuple, и наоборот, если его внутренняя реализация несовместима с одной из этих функций.

61.4. Замечания о блокировке с индексами

Индексные методы доступа должны справляться с параллельными операциями обновления индекса, производимыми несколькими процессами. Ядро системы PostgreSQL получает блокировку AccessShareLock для индекса в процессе сканирования и RowExclusiveLock при модификации индекса (включая и обычную очистку командой VACUUM). Так как эти типы блокировок не конфликтуют, метод доступа должен сам устанавливать более точечные блокировки, которые ему могут потребоваться. Блокировка индекса в целом в режиме ACCESS EXCLUSIVE устанавливается только при создании и уничтожении индекса или операции REINDEX (вместо этого используется SHARE UPDATE EXCLUSIVE вместе с CONCURRENTLY).

Реализация типа индекса, поддерживающего параллельные изменения, обычно требует глубокого и всестороннего анализа требуемого поведения. Для общего представления вы можете узнать о конструктивных решениях, принятых при реализации B-дерева и индекса по хешу, обратившись к src/backend/access/nbtree/README и src/backend/access/hash/README.

Помимо собственных внутренних требований индексов к целостности, при параллельном обновлении данных возникают вопросы согласованности родительской таблицы (*основных данных*) и индекса. Вследствие того, что PostgreSQL отделяет чтение и изменение основных данных от чтения и изменения индекса, образуются временные интервалы, в которых индекс может быть несогласованным с данными. Мы решаем эту проблему, применяя следующие правила:

- Новая запись в области данных добавляется до того, как для неё будут созданы записи в индексах. (Таким образом, при параллельном сканировании индекса эта запись в данных скорее всего не будет замечена. Это не проблема, так как читателю индекса всё равно не нужны незафиксированные строки. Но учтите написанное в Разделе 61.5.)
- Когда запись данных удаляется (командой VACUUM), сначала должны удалиться все созданные для неё записи в индексах.
- Сканирование индекса должно закрепить страницу индекса, на которой находится элемент, возвращённый последним вызовом amgettuple, а ambulkdelete не должна удалять записи со страниц, закреплённых другими процессами. Чем обосновано это правило, описывается ниже.

Без третьего правила читатель индекса мог бы увидеть запись индекса за мгновение до того, как она была удалена процедурой VACUUM, а затем обратиться к соответствующей записи данных после того, как VACUUM удалит и её. Это не приведёт к серьёзным проблемам, если данный элемент остаётся незадействованным, когда к нему обращается читатель, так как пустой слот будет игнорироваться функцией heap_fetch(). Но как быть, если третий процесс уже занял этот слот какими-то своими данными? Когда применяется снимок, совместимый с MVCC, и это не проблема, так как эти данные определённо окажутся слишком новыми при проверке видимости для данного снимка. Однако для снимка несовместимого с MVCC (например, снимка SnapshotAny), может так получиться, что будет возвращена строка, на самом деле не соответствующая ключам сканирования. Мы можем защититься от такого исхода, потребовав, чтобы ключи сканирования всегда перепроверялись для строки данных, но это слишком дорогостоящее решение. Вместо этого, мы закрепляем страницу индекса как промежуточный объект, показывающий, что читатель может всё ещё быть «в пути» от записи индекса к соответствующей строке данных. Благодаря тому, что ambulkdelete блокируется при обращении к этой закреплённой странице, процедура VACUUM не сможет удалить строку данных, пока её извлечение не закончит читатель. Это решение оказывается очень недорогим по времени выполнения, а издержки блокирования привносятся только в редких случаях, когда действительно возникает конфликт.

Такое решение требует, чтобы сканирования индексов выполнялись «синхронно»: мы должны выбирать каждый следующий кортеж данных сразу после того получили соответствущую запись индекса. Это оказывается невыгодно по ряду причин. «Асинхронное» сканирование, при котором мы собираем множество TID из индекса, и обращаемся за кортежами данных только после этого, влечёт гораздо меньше издержек с блокировками и позволяет обращаться к данным более эффективным образом. Согласно проведённому выше анализу, мы должны использовать синхронный подход для снимков, несовместимых с MVCC, но для запросов со снимками MVCC будет работать и асинхронное сканирование.

При сканировании индекса с `amgetbitmap`, метод доступа не закрепляет страницы индекса ни для каких из возвращаемых кортежей. Поэтому такое сканирование можно безопасно применять только со снимками MVCC.

Когда флаг `ampredlocks` не установлен, любое сканирование с данным методом доступа в сериализуемой транзакции будет получать неблокирующую предикатную блокировку для всего индекса. Это будет приводить к конфликту чтения-записи при добавлении любого кортежа в этот индекс параллельной сериализуемой транзакцией. Если среди набора параллельных сериализуемых транзакций выявляются определённые варианты конфликтов чтения-записи, одна из этих транзакций может быть отменена для сохранения целостности данных. Когда данный флаг установлен, это означает, что метод доступа реализует более точную предикатную блокировку, что способствует сокращению частоты отмены транзакций по этой причине.

61.5. Проверки уникальности в индексе

PostgreSQL реализует ограничения уникальности SQL, применяя *уникальные индексы*, то есть такие индексы, которые не принимают несколько записей с одинаковыми ключами. Для метода доступа, поддерживающего это свойство, устанавливается признак `amcanunique`. (В настоящее время это поддерживают только B-деревья.) Столбцы, указанные в предложении `INCLUDE`, не учитываются при контроле уникальности.

Вследствие особенностей MVCC, всегда необходимо допускать физическое сосуществование в индексе дублирующихся записей: такие записи могут относиться к последовательным версиям одной логической строки. На самом деле мы хотим добиться только того, чтобы никакой снимок MVCC не мог содержать две строки с одинаковыми ключами индекса. Из этого вытекают следующие ситуации, которые необходимо отследить, добавляя новую строку в уникальный индекс:

- Если конфликтующая строка была удалена текущей транзакцией, это не проблема. (В частности из-за того, что UPDATE всегда удаляет старую версию строки, прежде чем вставлять новую, операцию UPDATE можно выполнять со строкой, не меняя её ключ.)
- Если конфликтующая строка была добавлена ещё не зафиксированной транзакцией, запрос, претендующий на добавление новой строки, должен подождать, пока эта транзакция не будет зафиксирована. Если она откатывается, конфликт исчезает. Если она фиксируется и при этом оставляет конфликтующую строку, возникает нарушение уникальности. (На практике мы просто ждём завершения другой транзакции и затем пересматриваем проверку видимости.)
- Подобным образом, если конфликтующая строка была удалена ещё не зафиксированной транзакцией, запрос, претендующий на добавление новой строки, должен дождаться фиксации или отката этой транзакции, а затем повторить проверку.

Более того, непосредственно перед тем как сообщать о нарушении уникальности согласно вышеприведённым правилам, метод доступа должен перепроверить, продолжает ли существовать добавляемая строка. Если она признана «мёртвой», о предвиденном нарушении он сообщать не должен. (Такого не должно быть при обычном сценарии добавления строки текущей транзакцией, однако это может произойти в процессе `CREATE UNIQUE INDEX CONCURRENTLY`.)

Мы требуем, чтобы метод доступа выполнял эти проверки сам, и это означает, что он должен обратиться к основным данным и проверить состояние фиксации всех строк, которые согласно содержимого индекса содержат дублирующиеся ключи. Это без сомнения некрасивый и немодульный подход, но он избавляет от излишней работы: если бы мы делали отдельную пробу, то поиск конфликтующей строки по индексу пришлось бы по сути повторять, пытаясь найти место, куда вставить запись для новой строки. Более того, не представляется возможным избежать условий гонки, если проверка конфликта не будет неотъемлемой частью процедуры добавления новой записи индекса.

Если ограничение уникальности откладываемое, возникает дополнительная сложность: нам нужна возможность добавлять запись индекса для новой строки, но отложить выводы о нарушении уникальности до конца оператора или даже позже. Чтобы избежать ненужного повторного поиска по индексу, метод доступа должен произвести предварительную проверку уникальности во время изначального добавления строк. Если при этом окажется, что никакие кортежи не конфликтуют, на этом проверка заканчивается. В противном случае мы планируем перепроверку на время, когда это ограничение начинает действовать. Если во время перепроверки продолжают существовать и вставленный кортеж, и какой-либо другой с тем же ключом, должна выдаваться ошибка. (Заметьте, что в данном случае под «существованием» понимается «существование любого кортежа в цепочке HOT записей индекса».) Для реализации этой схемы в `aminsert` передаётся параметр `checkUnique`, принимающий одно из следующих значений:

- `UNIQUE_CHECK_NO` указывает, что проверка уникальности не должна выполняться (это не уникальный индекс).
- `UNIQUE_CHECK_YES` указывает, что это неоткладываемый уникальный индекс и проверку уникальности нужно выполнить немедленно, как описано выше.
- `UNIQUE_CHECK_PARTIAL` указывает, что это откладываемое ограничение уникальности. PostgreSQL выбирает этот режим для добавления записи индекса для каждой строки. Метод доступа должен допускать добавление в индекс дублирующихся записей и сообщать о возможных конфликтах, возвращая false из `aminsert`. Для каждой такой строки (для которой возвращается false) будет запланирована отложенная перепроверка.

  Метод доступа должен отметить все строки, которые могут нарушать ограничение уникальности, но не будет ошибкой, если он допустит ложное срабатывание. Это позволяет произвести проверку, не дожидаясь завершения других транзакций; конфликты, выявленные на этой стадии, не считаются ошибками и будут перепроверены позже, когда они могут быть уже исчерпаны.
- `UNIQUE_CHECK_EXISTING` указывает, что это отложенная перепроверка строки, которая была отмечена как возможно нарушающая ограничение. Хотя для этой проверки вызывается `aminsert`, метод доступа *не* должен добавлять новую запись индекса в данном случае, так как эта запись уже существует. Вместо этого, метод доступа должен проверить, нет ли в индексе другой такой же записи. Если она находится и соответствующая ей строка продолжает существовать, должна выдаваться ошибка.

  Для варианта `UNIQUE_CHECK_EXISTING` в методе доступа рекомендуется дополнительно проверить, что для целевой строки действительно имеется запись в индексе и сообщить об ошибке, если это не так. Это хорошая идея, так как значения кортежа индекса, передаваемые в `aminsert`, будут рассчитаны заново. Если в определении индекса задействованы функции, которые на самом деле не постоянные, мы можем проверять неправильную область индекса. Дополнительно убедившись в существовании целевой строки при перепроверке, мы можем быть уверены, что сканируются те же значения кортежа, что передавались при изначальном добавлении строки.

61.6. Функции оценки стоимости индекса

Функции `amcostestimate` даётся информация, описывающая возможное сканирование индекса, включая списки предложений WHERE и ORDER BY, которые были выбраны как применимые с данным индексом. Она должна вернуть оценки стоимости обращения к индексу и избирательность предложений WHERE (то есть, процент строк основной таблицы, который будет получен в ходе сканирования индекса). Для простых случаев почти всю работу оценщика стоимости можно произвести, вызывая стандартные процедуры оптимизатора; смысл существования функции `amcostestimate` в том, чтобы индексные методы доступа могли поделиться знаниями, специфичными для типа индекса, когда это может помочь улучшить стандартные оценки.

Каждая функция `amcostestimate` должна иметь такую сигнатуру:

```
void
amcostestimate (PlannerInfo *root,
                IndexPath *path,
                double loop_count,
                Cost *indexStartupCost,
                Cost *indexTotalCost,
                Selectivity *indexSelectivity,
                double *indexCorrelation,
                double *indexPages);
```

Первые три параметра передают входные значения:

root

Информация планировщика о выполняемом запросе.

path

Рассматриваемый путь доступа к индексу. В нём действительны все поля, кроме значений стоимости и избирательности.

loop_count

Число повторений сканирования индекса, которое должно приниматься во внимание при оценке стоимости. Обычно оно будет больше одного, когда при соединении со вложенным циклом планируется параметризованное сканирование. Заметьте, что оценки стоимости тем не менее должны рассчитываться для всего одного сканирования; большие значения *loop_count* лишь дают основания предположить, что при многократном сканировании положительное влияние может оказать кеширование.

Последние пять параметров — указатели на переменные для выходных значений:

**indexStartupCost*

Стоимость выполнения запуска индекса

**indexTotalCost*

Общая стоимость использования индекса

**indexSelectivity*

Избирательность индекса

**indexCorrelation*

Коэффициент корреляции между порядком сканирования индекса и порядком записей в нижележащей таблице

**indexPages*

Количество страниц индекса на уровне листьев

Заметьте, что функции оценки стоимости должны разрабатываться на C, а не на SQL или другом доступном процедурном языке, так как они должны обращаться к внутренним структурам данным планировщика/оптимизатора.

Стоимости обращения к индексу следует вычислять с использованием параметров, объявленных в `src/backend/optimizer/path/costsize.c`: последовательная выборка дискового блока имеет стоимость `seq_page_cost`, непоследовательная выборка — `random_page_cost`, а стоимость обработки одной строки индекса обычно принимается равной `cpu_index_tuple_cost`. Кроме того, за каждый оператор сравнения, вызываемый при обработке индекса, должна взиматься цена `cpu_operator_cost` (особенно за вычисление собственно условий индекса).

Стоимость доступа должна включать стоимости всех дисковых и процессорных ресурсов, требующихся для сканирования самого индекса, *но* не стоимости извлечения или обработки строк основной таблицы, с которой связан индекс.

«Стоимость запуска» составляет часть общей стоимости сканирования, которая должна быть потрачена, прежде чем можно будет начать чтение первой строки. Для большинства индексов она может считаться нулевой, но для типов индексов с высокими затратами на запуск она может быть больше нуля.

Значение в *`indexSelectivity`* должно показывать, какой процент строк основной таблицы ожидается получить при сканировании таблицы. В случае неточного запроса это обычно будет больше процента строк, действительно удовлетворяющих заданным ограничивающим условиям.

В *`indexCorrelation`* записывается корреляция (в диапазоне от -1.0 до 1.0) между порядком записей в индексе и в таблице. Это значение будет корректировать оценку стоимости выборки строк из основной таблицы.

В *`indexPages`* записывается число страниц на уровне листьев. Это помогает выбрать число исполнителей для параллельного сканирования индекса.

Когда *`loop_count`* больше нуля, возвращаться должны средние значения, ожидаемые для одного сканирования индекса.

Оценка стоимости

Типичная процедура оценки выглядит следующим образом:

1. Рассчитать и вернуть процент строк родительской таблицы, которые будут посещены при заданных ограничивающих условиях. В отсутствие каких-либо знаний, специфичных для типа индекса, использовать стандартную функцию оптимизатора `clauselist_selectivity()`:

   ```
   *indexSelectivity = clauselist_selectivity(root, path->indexquals,
                                              path->indexinfo->rel->relid,
                                              JOIN_INNER, NULL);
   ```

2. Оценить число строк индекса, которые будут посещены при сканировании. Для многих типов индексов это будет произведение *`indexSelectivity`* и числа строк в индексе, но оно может быть и больше. (Заметьте, что размер индекса в страницах и строках можно узнать из структуры `path->indexinfo`.)

3. Рассчитать число страниц индекса, которые будут получены при сканировании. Это может быть просто произведение *`indexSelectivity`* и размера индекса в страницах.

4. Вычислить стоимость обращения к индексу. Универсальный оценщик может сделать следующее:

   ```
   /*
    * Вообще предполагается, что страницы индекса будут считываться последовательно,
    * так что стоимость их чтения cost seq_page_cost, а не random_page_cost.
    * Также мы добавляем стоимость за вычисление условия индекса для каждой строки.
    * Все стоимости считаются пропорционально возрастающими при сканировании.
    */
   cost_qual_eval(&index_qual_cost, path->indexquals, root);
   *indexStartupCost = index_qual_cost.startup;
   *indexTotalCost = seq_page_cost * numIndexPages +
       (cpu_index_tuple_cost + index_qual_cost.per_tuple) * numIndexTuples;
   ```

   Однако при таком расчёте не учитывается амортизация чтения индекса при повторном сканировании.

5. Оценить корреляцию индекса. Для простого упорядоченного индекса по одному полю её можно получить из pg_statistic. Если корреляция неизвестна, вернуть консервативную оценку — ноль (корреляция отсутствует).

Примеры функций оценки стоимости можно найти в `src/backend/utils/adt/selfuncs.c`.

Глава 62. Унифицированные записи WAL

Хотя у всех внутренних модулей, взаимодействующих с WAL, имеются собственные типы записей WAL, существует также унифицированный тип записей WAL, описывающий изменения в страницах унифицированным образом. Это полезно для расширений, реализующих собственные методы доступа, так как они не могут зарегистрировать свои подпрограммы воспроизведения изменений WAL.

API для конструирования унифицированных записей WAL определён в `access/generic_xlog.h` и реализован в `access/transam/generic_xlog.c`.

Чтобы сформировать запись изменения данных для WAL, применяя механизм унифицированных записей WAL, выполните следующие действия:

1. `state = GenericXLogStart(relation)` — начните формирование унифицированной записи WAL для заданного отношения.
2. `page = GenericXLogRegisterBuffer(state, buffer, flags)` — зарегистрируйте буфер, который будет изменён текущей унифицированной записью WAL. Эта функция возвращает указатель на временную копию страницы буфера, в которой должны производиться изменения. (Модифицировать непосредственно содержимое буфера нельзя.) В третьем аргументе передаётся битовая маска флагов, применимых к этой операции. В настоящее время флаг только один — `GENERIC_XLOG_FULL_IMAGE`, который показывает, что в запись WAL нужно включить образ всей страницы, а не только изменения. Обычно этот флаг должен устанавливаться, когда страница новая или полностью перезаписана. Вызов `GenericXLogRegisterBuffer` можно повторять, если фиксируемое в WAL действие изменяет несколько страниц.
3. Примените изменения к образам страниц, полученным на предыдущем шаге.
4. `GenericXLogFinish(state)` — завершите изменения в буферах и выдайте унифицированную запись WAL.

Формирование записи WAL можно прервать на любом шаге, вызвав `GenericXLogAbort(state)`. При этом будут отменены все изменения, внесённые в копии образов страниц.

Используя механизм унифицированных записей WAL, необходимо учитывать следующее:

- Модифицировать буферы напрямую нельзя! Все изменения должны производиться в копиях, полученных от функции `GenericXLogRegisterBuffer()`. Другими словами, код, формирующий унифицированные записи WAL, никогда не должен сам вызывать `BufferGetPage()`. Однако вызывающий код отвечает за закрепление/открепление и блокировку/разблокировку буферов в подходящие моменты времени. Исключительная блокировка каждого целевого буфера должна удерживаться от вызова `GenericXLogRegisterBuffer()` до `GenericXLogFinish()`.
- Регистрацию буферов (шаг 2) и модификацию образов страниц (шаг 3) можно свободно смешивать, оба этих шага можно повторять в любой последовательности. Но помните, что буферы должны регистрироваться в том же порядке, в каком для них должны получаться блокировки при воспроизведении.
- Максимальное число буферов, которые можно зарегистрировать для унифицированной записи WAL, составляет `MAX_GENERIC_XLOG_PAGES`. При исчерпании этого лимита будет выдана ошибка.
- Унифицированный тип WAL подразумевает, что страницы, подлежащие изменению, имеют стандартную структуру, в частности между `pd_lower` и `pd_upper` нет полезных данных.
- Так как изменяются копии страниц буфера, `GenericXLogStart()` не начинает критическую секцию. Таким образом вы можете безопасно выделять память, выдать ошибку и т. п. между `GenericXLogStart()` и `GenericXLogFinish()`. Единственная фактическая критическая секция присутствует внутри `GenericXLogFinish()`. При выходе по ошибке так же не нужно заботиться о вызове `GenericXLogAbort()`.

- `GenericXLogFinish()` помечает буферы как грязные и устанавливает для них LSN. Вам делать явно это не нужно.
- Для нежурналируемых отношений всё работает так же, за исключением того, что фактически запись в WAL не выдаётся. Таким образом, явно проверять, является ли отношение нежурналируемым, не требуется.
- Функция воспроизведения унифицированных изменений WAL получит исключительные блокировки буферов в том же порядке, в каком они были зарегистрированы. После воспроизведения всех изменений блокировки в том же порядке и освобождаются.
- Если для регистрируемого буфера не задаётся `GENERIC_XLOG_FULL_IMAGE`, унифицированная запись WAL содержит различие между старым и новым образом страницы, которое вычисляется при побайтовом сравнении. Результат оказывается не очень компактным при перемещении данных в странице, но это может быть доработано в будущем.

Глава 63. Индексы B-деревья

63.1. Введение

PostgreSQL включает реализацию стандартной индексной структуры данных — B-дерева (btree, многонаправленного сбалансированного дерева). В индекс-B-дерево могут быть загружены данные любого типа, которые можно отсортировать в чётко определённом линейном порядке. Единственное его ограничение состоит в том, что размер записи в индексе не может превышать примерно треть страницы (после сжатия TOAST, если оно применяется).

Так как каждый класс операторов btree устанавливает порядок сортировки для своего типа данных, классы операторов btree (или, фактически, семейства операторов) оказались показательными и полезными для представления и понимания семантики сортировки в PostgreSQL. Как следствие, они приобрели некоторые возможности, которые выходят за рамки необходимого минимума для поддержки индексов btree и используются частями системы, довольно далёкими от методов доступа btree.

63.2. Поведение классов операторов B-дерева

Как показано в Таблице 37.3, класс операторов btree должен предоставить пять операторов сравнения, `<`, `<=`, `=`, `>=` и `>`. Хотя можно было ожидать, что частью этого класса будет и оператор `<>`, но это не так, потому что использовать `<>` в предложении WHERE для поиска по индексу практически бесполезно. (Для некоторых целей планировщик условно относит оператор `<>` к классу операторов btree, но он находит данный оператор как отрицание оператора `=`, а не обращаясь к `pg_amop`.)

Когда несколько типов данных имеют практически одинаковую семантику сортировки, их классы операторов можно сгруппировать в семейство операторов. Это полезно тем, что позволяет планировщику делать выводы о межтиповых сравнениях. Каждый класс операторов в семействе должен содержать операторы для одного своего типа входных данных (и сопутствующие опорные функции), тогда как межтиповые операторы сравнения и опорные функции являются «слабо» связанными с семейством. В семейство рекомендуется включать полный набор межтиповых операторов, чтобы планировщик мог представить любые условия, которые он может вывести, используя транзитивность.

Семейство операторов btree должно удовлетворять нескольким базовым положениям:

- Оператор `=` должен представлять отношение эквивалентности; то есть для всех отличных от NULL значений *A*, *B*, *C* определённого типа данных:
  - *A* `=` *A* — истина (*рефлексивность*)
  - если *A* `=` *B*, то *B* `=` *A* (*симметрия*)
  - если *A* `=` *B* и *B* `=` *C*, то *A* `=` *C* (*транзитивность*)
- Оператор `<` должен представлять отношение строгого упорядочивания; то есть для всех отличных от NULL значений *A*, *B*, *C*:
  - *A* `<` *A* — ложно (*антирефлексивность*)
  - если *A* `<` *B* и *B* `<` *C*, то *A* `<` *C* (*транзитивность*)
- Более того, упорядочивание действует глобально; то есть для любых отличных от NULL значений *A*, *B*:
  - истинным является ровно одно из условий: *A* `<` *B*, *A* `=` *B* или *B* `<` *A* (*трихотомия*)

  (Разумеется, определение функции, осуществляющей сравнение, вытекает из закона трихотомии.)

Остальные три оператора определяются через операторы `=` и `<` очевидным образом и должны работать согласованно с последними.

Для семейства операторов, поддерживающего несколько типов данных, вышеперечисленные законы должны выполняться при значениях *A*, *B*, *C*, относящихся к любым типам из семейства. Транзитивность обеспечить сложнее всего, так как в ситуациях с разными типами она требует согласованного поведения двух или трёх различных операторов. Так например, в одном семействе операторов не смогут работать типы `float8` и `numeric`, по крайней мере при текущем подходе, когда значения `numeric` преобразуются во `float8` для сравнения с `float8`. Из-за ограниченной точности типа `float8` различные значения `numeric` могут оказаться равными одному значению `float8`, что нарушит закон транзитивности.

Ещё одно требование для семейства, рассчитанного на несколько типов данных, состоит в том, что любое неявное или двоично-совместимое приведение, которое определено между типами, включёнными в семейство операторов, не должно менять соответствующий порядок сортировки.

Должно быть достаточно понятно, почему индекс-B-дерево требует выполнения этих законов для одного типа данных: без этого упорядочивание ключей невозможно. Кроме того, для поиска в индексе по ключу другого типа данных необходимо, чтобы значения двух типов сравнивались корректно. Расширение семейства до трёх или более типов данных не является обязательным для самого механизма индекса btree, но может быть полезным для планировщика в целях оптимизации.

63.3. Опорные функции B-деревьев

Как показано в Таблице 37.9, btree определяет одну необходимую и четыре необязательных опорных функции. Таким образом, пользователь может задать пять методов:

`order`

Для всех комбинаций типов данных, для которых семейство операторов btree предоставляет операторы сравнения, оно должно предоставлять опорную функцию сравнения в `pg_amproc` с номером 1 и с `amproclefttype`/`amprocrighttype`, равными левому и правому типу сравнения (то есть тем же типам данных, с которыми соответствующие операторы зарегистрированы в `pg_amop`). Эта функция сравнения должна принимать два отличных от NULL значения *A* и *B* и возвращать значение `int32`, которое будет `< 0`, `0` или `> 0`, когда *A* `<` *B*, *A* `=` *B* или *A* `>` *B*, соответственно. Результат NULL не допускается: все значения типа данных должны быть сравнимыми. Примеры можно найти в `src/backend/access/nbtree/nbtcompare.c`.

Если сравниваемые значения имеют сортируемый тип данных, опорной функции сравнения будет передан OID соответствующего правила сортировки через стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

`sortsupport`

Дополнительно семейство операторов btree может предоставить функции *поддержки сортировки*, которые регистрируются под номером опорной функции 2. Эти функции позволяют реализовывать сравнения для целей сортировки гораздо эффективнее, чем это возможно при прямолинейном вызове функции поддержки сравнения. Задействованные в этом программные интерфейсы определены в `src/include/utils/sortsupport.h`.

`in_range`

Дополнительно семейство операторов btree может предоставить опорные функции *in_range*, которые регистрируются под номером 3. Они не используются в ходе операций с индексом btree; вместо этого они расширяют семантику семейства операторов, чтобы оно могло поддерживать оконные предложения `RANGE` *смещение* `PRECEDING` и `RANGE` *смещение* `FOLLOWING` (см. Подраздел 4.2.8). По сути они предоставляют дополнительную информацию, позволяющую добавлять или вычитать *смещение* в соответствии с порядком сортировки, принятым в семействе.

Функция `in_range` должна иметь сигнатуру

```
in_range(значение type1, база type1, смещение type2, вычитание bool, меньше bool)
returns bool
```

Значение и *база* должны быть одного типа данных, и этот тип должен поддерживаться семейством операторов (то есть это должен быть тип, для которого реализуется сортировка). Однако *смещение* может быть другого типа, который никаким другим образом не поддерживается данным семейством. Например, встроенное семейство `time_ops` предоставляет функцию, для которой *смещение* имеет тип `interval`. Семейство может предоставлять функции `in_range` для любых из своих поддерживаемых типов и одного или нескольких типов *смещений*. Каждая функция `in_range` должна регистрироваться в `pg_amproc` с полем `amproclefttype`, равным `type1`, и `amprocrighttype`, равным `type2`.

Суть действия функции `in_range` зависит от двух логических флагов. Она должна прибавить или вычесть из *базы смещение*, а затем сравнить *значение* с результатом следующим образом:

- если `!`*вычитание* и `!`*меньше*, возвращается *значение* `>=` (*база* `+` *смещение*)
- если `!`*вычитание* и *меньше*, возвращается *значение* `<=` (*база* `+` *смещение*)
- если *вычитание* и `!`*меньше*, возвращается *значение* `>=` (*база* `-` *смещение*)
- если *вычитание* и *меньше*, возвращается *значение* `<=` (*база* `-` *смещение*)

Прежде чем делать это, функция должна проверить знак *смещения* и, если оно отрицательное, выдать ошибку `ERRCODE_INVALID_PRECEDING_OR_FOLLOWING_SIZE` (22013) с текстом ошибки «invalid preceding or following size in window function» (неверная предшествующая или последующая величина в оконной функции). (Это требуется стандартом SQL, но нестандартные семейства операторов могут проигнорировать данное ограничение, так как оно не несёт большой смысловой нагрузки.) Проверка этого требования делегируется функции `in_range`, чтобы коду ядра не требовалось понимать, что означает «меньше нуля» для произвольного типа данных.

Кроме того, функции `in_range`, если это практично, могут не выдавать ошибку, когда операция *база* `+` *смещение* или *база* `-` *смещение* приводит к переполнению. Правильный результат сравнения можно получить, даже если это значение выходит за границы допустимого диапазона этого типа данных. Заметьте, что если для типа данных определены такие понятия, как «бесконечность» и «NaN», могут потребоваться дополнительные меры для обеспечения согласованности результатов `in_range` с обычным порядком сортировки данного семейства операторов.

Результаты функции `in_range` должны соответствовать порядку сортировки, устанавливаемому семейством операторов. Точнее говоря, при любых фиксированных аргументах *смещение* и *вычитание* справедливо:

- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает true для некоторого *значения1* и *базы*, true должно возвращаться для каждого *значения2* `<=` *значению1* с той же *базой*.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает false для некоторого *значения1* и *базы*, false должно возвращаться для любого *значения2* `>=` *значению1* с той же *базой*.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает true для некоторого *значения* и *базы1*, true должно возвращаться для каждой *базы2* `>=` *базе1* с тем же *значением*.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает false для некоторого *значения* и *базы1*, false должно возвращаться для любой *базы2* `<=` *базе1* с тем же *значением*.

Аналогичные утверждения с противоположными условиями должны выполняться при *меньше* = false.

Если упорядочиваемый тип (`type1`) является сортируемым, функции `in_range` будет передан OID соответствующего правила сортировки через стандартный механизм PG_GET_COLLATION().

Функции `in_range` не должны обрабатывать NULL в аргументах и обычно помечаются как строгие.

`equalimage`

Дополнительно семейство операторов btree может предоставить опорные функции `equalimage` («равенство подразумевает равенство образов»), регистрируемые под номером 4. Эти функции позволяют коду ядра определить, безопасно ли применять исключение дубликатов в B-дереве. В настоящее время функции `equalimage` вызываются только при построении или перестроении индекса.

Функция `equalimage` должна иметь сигнатуру

```
equalimage(opcintype oid) returns bool
```

Её результатом будет статическая информация о классе операторов и правиле сортировки. Результат `true` означает, что функция `order` для класса операторов будет возвращать `0` (признак равенства аргументов), только когда аргументы *A* и *B* взаимозаменяемы без потери семантической информации. Если функция `equalimage` не определена или она возвращает `false`, рассчитывать на выполнение данного условия нельзя.

В аргументе *opcintype* передаётся `pg_type.oid` типа данных, индексируемого данным классом операторов. Это сделано для удобства повторного использования нижележащей функции `equalimage` в разных классах операторов. Если тип *opcintype* поддерживает правила сортировки, функции `equalimage` будет передан OID соответствующего правила через стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

С точки зрения класса операторов возвращаемое значение `true` означает, что возможно безопасное применение исключения дубликатов (или оно безопасно для правила сортировки, OID которого был передан функции `equalimage`). Однако код ядра будет считать исключение дубликатов безопасным для индекса, только если для *каждого* столбца в этом индексе используется класс операторов, регистрирующий функцию `equalimage`, и все эти функции при вызове возвращают `true`.

Равенство образов *почти* равнозначно простому битовому равенству. Но есть одно небольшое различие: когда индексируется тип данных varlena, представление двух равных образов на диске может отличаться из-за различного применения сжатия TOAST к входным данным. Говоря формально, когда функция `equalimage` класса операторов возвращает `true`, можно полагать, что функция на C `datum_image_eq()` гарантированно будет согласованной с функцией `order` класса операторов (при условии передачи обеим функциям одинакового OID правила сортировки).

Код ядра в принципе не может сделать какие-то выводы о свойстве класса операторов «равенство подразумевает равенство образов» в семействе операторов для множества типов, анализируя другие классы операторов в том же семействе. Также не имеет смысла регистрировать межтиповую функцию `equalimage` для семейства операторов, и при попытке сделать это произойдёт ошибка. Это связано с тем, что свойство «равенство подразумевает равенство образов» зависит не только от семантики сортировки/равенства, определяемой в некоторой степени на уровне семейства операторов. Вообще говоря, это свойство относится к конкретному типу и должно рассматриваться отдельно.

Для классов операторов, поставляемых в базовом продукте PostgreSQL, принято соглашение регистрировать универсальную функцию `equalimage`. Большинство классов операторов регистрируют в качестве такой функции `btequalimage()`, которая устанавливает, что исключение дубликатов безопасно без дополнительных условий. Операторы классов для типов данных, поддерживающих правила сортировки, например, для типа `text`, регистрируют функцию `btvarstrequalimage()`, которая устанавливает, что исключение дубликатов безопасно с детерминированными правилами сортировки. Для сохранения порядка в сторонних расширениях также рекомендуется регистрировать их собственные функции `equalimage`.

`options`

В дополнение семейство операторов btree может предоставить опорные функции `options` («параметры класса операторов»), регистрируемые под номером 5. Эти функции позволяют определить набор видимых пользователю параметров, управляющих поведением класса операторов.

Опорная функция `options` должна иметь сигнатуру `options(relopts local_relopts *) returns void`

Этой функции передаётся указатель на структуру *`local_relopts`*, в которую нужно внести набор параметров, относящихся к классу операторов. Обращаться к этим параметрам из других опорных функций можно с помощью макросов `PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS()` и `PG_GET_OPCLASS_OPTIONS()`.

В настоящее время опорная функция `options` не определена ни для одного из классов операторов btree. Сама организация B-дерева не позволяет гибко менять представление ключей, как это возможно с GiST, SP-GiST, GIN и BRIN. Поэтому с существующим методом доступа к индексу-B-дереву для функции `options` нет полезных применений. Тем не менее эта опорная функция была добавлена для B-дерева ради единообразия и не исключено, что она окажется полезной по мере развития реализации B-дерева в PostgreSQL.

63.4. Реализация

В этом разделе освещаются детали реализации индекса-B-дерева, знание которых может быть полезно для специалистов. В дереве исходного кода имеется файл `src/backend/access/nbtree/README`, в котором реализация B-дерева рассматривается ещё глубже, на уровне алгоритмов.

63.4.1. Структура B-дерева

Индексы-B-деревья в PostgreSQL представляют собой многоуровневые иерархические структуры, в которых каждый уровень дерева может использоваться как двусвязный список страниц. Единственная метастраница индекса хранится в фиксированной позиции в начале первого файла сегмента индекса. Все остальные страницы делятся на внутренние и на листовые. Листовые страницы находятся на самом нижнем уровне дерева. Все более высокие уровни состоят из внутренних страниц. Листовая страница содержит кортежи, указывающие на строки в таблице, а внутренняя страница — кортежи, указывающие на следующий уровень в дереве. Обычно листовые страницы составляют около 99% всех страниц индекса. И для тех, и для других страниц используется один стандартный формат, описанный в Разделе 69.6.

Новые листовые страницы добавляются в B-дерево когда существующая листовая страница не может вместить новый поступающий кортеж. При этом выполняется операция *разделения страницы*, освобождающая место на переполнившейся странице, перенося подмножество изначально содержащихся на ней элементов на новую страницу. При разделении страницы в её родительскую страницу также должна быть добавлена *ссылка вниз*, что может потребовать произвести разделение и этой родительской страницы. Разделение страниц «каскадно поднимается вверх» рекурсивным образом. Когда же и корневая страница не может вместить новую ссылку вниз, производится операция *разделения корневой страницы*. При этом в структуру дерева добавляется новый уровень, на котором оказывается новая корневая страница, стоящая над той, что была корневой ранее.

63.4.2. Исключение дубликатов

Дубликатом называется кортеж на листовой странице (кортеж, указывающий на строку таблицы), у которого *все* ключевые столбцы индекса имеют значения, соответствующие значениям столбцов из как минимум одного другого кортежа на листовой странице в том же индексе. Дублирующиеся кортежи довольно часто встречаются на практике. В индексах-B-деревьях такие дубликаты могут представляться особым экономичным образом при включении дополнительного механизма — *исключения дубликатов*.

Работа этого механизма заключается в периодическом объединении групп дублирующихся кортежей и формировании одного кортежа со *списком идентификаторов* для каждой группы. В таком представлении значения ключевых столбцов хранятся в единственном экземпляре, а за ними идёт отсортированный массив идентификаторов TID, указывающих на строки в таблице. Это существенно уменьшает размер хранящихся индексов, в которых каждое значение (или каждое уникальное сочетание значений столбцов) появляется в среднем несколько раз. В результате может значительно увеличиться скорость выполнения запросов, а также могут сократиться издержки, связанные с регулярной очисткой индексов.

Примечание

Исключение дубликатов в B-дереве работает эффективно и с «дубликатами», содержащими значение NULL, несмотря на то, что значения NULL не считаются равными между собой согласно операторам =, входящим в классы операторов btree. Это объясняется тем, что с точки зрения реализации, работающей с внутренним представлением структуры B-дерева, NULL является просто одним из элементов множества всех возможных значений в индексе.

Процедура исключения дубликатов производится по необходимости, когда вставляется новый элемент, не умещающийся на существующей листовой странице. Это предотвращает (или как минимум откладывает) разделение листовых страниц. В отличие от кортежей со списками идентификаторов GIN, в B-дереве эти кортежи не должны расширяться при каждом добавлении нового дубликата; они просто образуют другое физическое представление исходного логического содержимого листовой страницы. При таком подходе обеспечивается стабильная производительность при смешанной нагрузке с чтением и записью. Исключение дубликатов должно дать как минимум заметное увеличение производительности для большинства клиентских приложений. По умолчанию оно включено.

Команды `CREATE INDEX` и `REINDEX` также выполняют исключение дубликатов, создавая кортежи со списками идентификаторов, но применяют несколько другую стратегию. Каждая группа дублирующихся обычных кортежей, обнаруженных в отсортированных данных, преобразуется в кортеж со списком идентификаторов *до того*, как данные добавляются в текущую листовую страницу. При этом в каждый такой кортеж упаковывается как можно больше идентификаторов (TID). После этого листовые страницы записываются обычным способом, без дополнительного прохода для исключения дубликатов. Эта стратегия подходит для команд `CREATE INDEX` и `REINDEX`, так как они обрабатывают все данные сразу.

Если же в профиле нагрузки преобладает запись и исключение дубликатов не приносит выигрыша ввиду отсутствия или небольшого числа дублирующихся значений, этот механизм может породить небольшие постоянные издержки (если он не отключён). В таких случаях его можно отключить для отдельных индексов с помощью параметра хранения `deduplicate_items`. При нагрузке только на чтение никакие дополнительные издержки не возникают, так как кортежи со списком идентификаторов читаются так же эффективно, как и кортежи в стандартном представлении. Поэтому чаще всего отключение этого механизма не будет полезным.

Индексы-B-деревья сами по себе не учитывают, что в среде MVCC может быть несколько версий одной логической строки таблицы; для индекса каждый кортеж является независимым объектом, для которого требуется отдельный элемент в индексе. «Версионные дубликаты» иногда могут накапливаться, что может повлечь задержки и замедление при выполнении запросов. Это обычно происходит при нагрузке с преобладанием `UPDATE`, когда для большинства отдельных операций изменения данных нельзя применить оптимизацию HOT (обычно потому что меняется как минимум один индексируемый столбец, вследствие чего требуется новый набор индексных кортежей — отдельный кортеж для *каждого* индекса). Тем не менее исключение дубликатов в B-дереве помогает бороться с раздуванием индексов, вызванным циркуляцией версий. Заметьте, что даже в уникальном индексе кортежи не обязательно уникальны *физически* с точки зрения хранилища, поэтому описанная оптимизация выборочно применяется и к уникальным индексам. В этом случае она работает со страницами, которые могут содержать версионные дубликаты. Цель более высокого порядка для этой оптимизации состоит в том, чтобы при выполнении `VACUUM` как можно дольше избегать «ненужного» разделения страниц, которое может потребоваться из-за циркуляции версий.

Подсказка

Для определения необходимости провести процедуру исключения дубликатов в уникальном индексе применяются дополнительные соображения. В таких индексах как правило можно перейти сразу к разделению листовой страницы, не расходуя лишние циклы на бесполезные проходы в поиске дубликатов. Если вас беспокоят возможные издержки, которые могут быть связаны с исключением дубликатов, вы можете установить значение `deduplicate_items =`

off для отдельных индексов. Однако его вполне можно оставить включённым и для уникальных индексов.

Исключение дубликатов может применяться не всегда ввиду ограничений на уровне реализации. Возможность его применения определяется во время выполнения CREATE INDEX или REINDEX.

Учтите, что исключение дубликатов считается небезопасным и не может применяться в следующих случаях, когда возможны семантические различия равных значений:

- Исключение дубликатов не может применяться с типами text, varchar и char в случае использования *недетерминированных* правил сортировки, так как в равных значениях должны сохраняться возможные различия в регистре и диакритических знаках.
- Исключение дубликатов невозможно с типом numeric, так как для равных значений должен сохраняться числовой масштаб, который может быть разным.
- Исключение дубликатов не может применяться с типом jsonb, так как внутри класса операторов B-дерева jsonb используется тип numeric.
- Исключение дубликатов невозможно для типов float4 и float8. В этих типах имеются разные представления значений -0 и 0, которые при этом считаются равными. Однако отличие между ними должно сохраняться.

Имеется ещё одно ограничение на уровне реализации, которое может быть снято в будущих версиях PostgreSQL:

- Исключение дубликатов невозможно с типами-контейнерами (это составные, диапазонные типы, а также массивы).

Есть ещё одно ограничение на уровне реализации, действующее вне зависимости от применяемого класса операторов или правила сортировки:

- Исключение дубликатов не может применяться в индексах с INCLUDE.

Глава 64. Индексы GiST

64.1. Введение

GiST расшифровывается как «Generalized Search Tree» (Обобщённое поисковое дерево). Это сбалансированный иерархический метод доступа, который представляет собой базовый шаблон, на основе которого могут реализовываться произвольные схемы индексации. На базе GiST могут быть реализованы B-деревья, R-деревья и многие другие схемы индексации.

Ключевым преимуществом GiST является то, что он позволяет разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД.

Представленная здесь информация частично позаимствована с *сайта* Проекта индексации GiST Калифорнийского университета в Беркли и из диссертации Марселя Корнакера *Методы доступа для СУБД следующего поколения*. Сопровождением реализации GiST в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов; дополнительные сведения можно получить на их *сайте*.

64.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GiST, перечисленные в Таблице 64.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GiST.)

Таблица 64.1. Встроенные классы операторов GiST

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы	Операторы упорядочивания
`box_ops`	`box`	`&& &> &< &<| >> << <<| <@ @> @ |&> |>> ~ ~=`	`<->`
`circle_ops`	`circle`	`&& &> &< &<| >> << <<| <@ @> @ |&> |>> ~ ~=`	`<->`
`inet_ops`	`inet`, `cidr`	`&& >> >>= > >= <> << <<= < <= =`	
`point_ops`	`point`	`>> >^ << <@ <@ <@ <^ ~=`	`<->`
`poly_ops`	`polygon`	`&& &> &< &<| >> << <<| <@ @> @ |&> |>> ~ ~=`	`<->`
`range_ops`	любой тип диапазона	`&& &> &< >> << <@ -|- = @> @>`	
`tsquery_ops`	`tsquery`	`<@ @>`	
`tsvector_ops`	`tsvector`	`@@`	

По историческим причинам класс операторов `inet_ops` не является классом по умолчанию для типов `inet` и `cidr`. Чтобы использовать его, укажите имя класса в `CREATE INDEX`, например:

```
CREATE INDEX ON my_table USING GIST (my_inet_column inet_ops);
```

64.3. Расширяемость

Реализация нового метода доступа индекса традиционно была большой и сложной задачей. Чтобы её решить, необходимо было понимать внутреннее устройство базы данных, в частности работу менеджера блокировок и журнала предзаписи. Но с интерфейсом GiST, реализующим высокий уровень абстракции, разработчик метода доступа должен реализовать только смысловое наполнение индексируемого типа данных. Уровень GiST берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре дерева.

Эту расширяемость не следует путать с расширяемостью других стандартных деревьев поиска в смысле поддержки различных типов данных. Например, PostgreSQL поддерживает расширяемость B-деревьев и индексов по хешу. Это означает, что в PostgreSQL вы можете построить B-дерево или хеш-таблицу по любому желаемому типу данных. Но такие B-деревья будут поддерживать только предикаты сравнений (`<`, `=`, `>`), а индексы по хешу только запросы с равенством.

Поэтому, если вы проиндексируете в PostgreSQL в B-дереве, например, коллекцию изображений, вы сможете выполнять только проверки вида «равны ли изображения X и Y», «меньше ли изображение X изображения Y» и «больше ли изображение X изображения Y». Это может быть полезно, в зависимости от того, как вы определите операции «равно», «меньше» и «больше». Однако используя индекс на базе GiST, возможно удовлетворять и запросы из предметной области, например, «найти все изображения лошадей» или «найти все пересвеченные изображения».

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа GiST — это реализовать несколько методов, определяющих поведение ключей в дереве. Конечно, эти методы должны быть довольно изощрёнными, чтобы поддерживать изощрённые запросы, но для всех стандартных запросов (B-деревьев, R-деревьев и т. д.) они относительно просты. Словом, GiST сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов индекса GiST должен предоставить пять методов и может дополнительно предоставлять ещё пять. Корректность индекса обеспечивается реализацией методов `same`, `consistent` и `union`, а его эффективность (по размеру и скорости) будет зависеть от методов `penalty` и `picksplit`. Два необязательных метода, `compress` и `decompress`, позволяют реализовать внутреннее представление данных дерева, не совпадающее с типом индексируемых данных. Данные листьев индекса должны быть индексируемого типа, тогда как в остальных узлах дерева могут быть произвольные структуры C (но при этом должны соблюдаться правила, предъявляемые PostgreSQL к типам данных; прочитайте о `varlena` для данных переменного размера). Если внутренний тип данных дерева существует на уровне SQL, в команде `CREATE OPERATOR CLASS` можно использовать указание `STORAGE`. Необязательный восьмой метод `distance` нужно реализовать, только если класс операторов желает поддерживать упорядоченные сканирования (поиск ближайших соседей). Необязательный девятый метод `fetch` требуется, если класс операторов должен поддерживать сканирование только индекса и при этом предоставляется метод `compress`. Необязательный десятый метод `options` необходим, если класс операторов поддерживает определяемые пользователем параметры.

`consistent`

Для переданной записи индекса `p` и значения запроса `q` эта функция определяет, является ли запись индекса «соответствующей» запросу; то есть, может ли предикат «*индексированный_столбец* *индексируемый_оператор* `q`» удовлетворяться для какой-либо строки, представленной данной записью индекса? Для записей на уровне листьев это равносильно проверке индексируемого условия, тогда как для внутреннего узла дерева требуется определить, нужно ли сканировать поддерево индекса, относящееся к данному узлу. Когда результат `true`, также должен возвращаться флаг `recheck`, показывающий, точно ли удовлетворяется предикат или это лишь потенциально возможно. Если `recheck` = `false`, это означает, что индекс проверил условие предиката в точности, тогда как при `recheck` = `true` проверяемая строка будет только кандидатом на совпадение. В этом случае система автоматически перепроверит *индексируемый_оператор* с действительным значением строки, чтобы окончательно определить, соответствует ли оно запросу. Благодаря этому GiST поддерживает индексы как точной, так и неточной структуры.

В SQL эта функция должна объявляться примерно так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_consistent(internal, data_type, smallint, oid,
 internal)
RETURNS bool
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

А соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_consistent);

Datum
my_consistent(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY  *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    data_type  *query = PG_GETARG_DATA_TYPE_P(1);
    StrategyNumber strategy = (StrategyNumber) PG_GETARG_UINT16(2);
    /* Oid subtype = PG_GETARG_OID(3); */
    bool       *recheck = (bool *) PG_GETARG_POINTER(4);
    data_type  *key = DatumGetDataType(entry->key);
    bool        retval;

    /*
     * Определить возвращаемое значение как функцию стратегии, ключа и запроса.
     *
     * Вызовите GIST_LEAF(entry), чтобы узнать текущую позицию в дереве индекса,
     * что удобно, например для поддержки оператора = (вы можете проверить
     * равенство в листьях дерева и непустое пересечение в остальных
     * узлах).
     */

    *recheck = true;        /* или false, если проверка точная */

    PG_RETURN_BOOL(retval);
}
```

Здесь `key` — это элемент в индексе, а `query` — значение, искомое в индексе. Параметр `StrategyNumber` показывает, какой оператор из класса операторов применяется — он соответствует одному из номеров операторов, заданных в команде `CREATE OPERATOR CLASS`.

В зависимости от того, какие операторы включены в класс, тип данных `query` может быть разным для разных операторов, так как это будет тот тип, что фигурирует в правой части оператора, и он может отличаться от индексируемого типа данных, фигурирующего слева. (В показанном выше шаблоне предполагается, что допускается только один тип; в противном случае получение значения `query` зависело бы от оператора.) В SQL-объявлении функции `consistent` для аргумента `query` рекомендуется установить индексированный тип данного класса операторов, хотя фактический тип может быть каким-то другим, в зависимости от оператора.

`union`

Этот метод консолидирует информацию в дереве. Получив набор записей, он должен сгенерировать в индексе новую запись, представляющие все эти записи.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_union(internal, internal)
RETURNS storage_type
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_union);

Datum
my_union(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GistEntryVector *entryvec = (GistEntryVector *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY  *ent = entryvec->vector;
    data_type  *out,
               *tmp,
```

```
                *old;
    int          numranges,
                 i = 0;

    numranges = entryvec->n;
    tmp = DatumGetDataType(ent[0].key);
    out = tmp;

    if (numranges == 1)
    {
        out = data_type_deep_copy(tmp);

        PG_RETURN_DATA_TYPE_P(out);
    }

    for (i = 1; i < numranges; i++)
    {
        old = out;
        tmp = DatumGetDataType(ent[i].key);
        out = my_union_implementation(out, tmp);
    }

    PG_RETURN_DATA_TYPE_P(out);
}
```

Как можно заметить, в этом шаблоне мы имеем дело с типом данных, для которого `union(X, Y, Z) = union(union(X, Y), Z)`. Достаточно просто можно поддержать и такие типы данных, для которых это не выполняется, реализовав соответствующий алгоритм объединения в этом опорном методе GiST.

Результатом функции `union` должно быть значение типа хранения индекса, каким бы он ни был (он может совпадать с типом индексированного столбца, а может и отличаться от него). Функция, реализующая `union`, должна возвращать указатель на память, выделенную вызовом `palloc()`. Она не может просто вернуть полученное значение как есть, даже если оно имеет тот же тип.

Как показано выше, первый аргумент `internal` функции `union` на самом деле представляет указатель `GistEntryVector`. Во втором аргументе (его можно игнорировать) передаётся указатель на целочисленную переменную. (Раньше требовалось, чтобы функция `union` сохраняла в этой переменной размер результирующего значения, но теперь такого требования нет.)

`compress`

Преобразует элемент данных в формат, подходящий для физического хранения в странице индекса. Если метод `compress` не реализован, элементы данных хранятся в индексе без модификации.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_compress(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_compress);

Datum
my_compress(PG_FUNCTION_ARGS)
{
```

```
    GISTENTRY  *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY  *retval;

    if (entry->leafkey)
    {
        /* заменить entry->key сжатой версией */
        compressed_data_type *compressed_data =
 palloc(sizeof(compressed_data_type));

        /* заполнить *compressed_data из entry->key ... */

        retval = palloc(sizeof(GISTENTRY));
        gistentryinit(*retval, PointerGetDatum(compressed_data),
                      entry->rel, entry->page, entry->offset, FALSE);
    }
    else
    {
        /* обычно с записями внутренних узлов ничего делать не нужно */
        retval = entry;
    }

    PG_RETURN_POINTER(retval);
}
```

Разумеется, *compressed_data_type* (тип сжатых данных) нужно привести к нужному типу, при преобразовании в который будут сжиматься узлы на уровне листьев.

decompress

Преобразует сохранённое представление данных в формат, с которым смогут работать другие методы GiST в классе операторов. Если метод decompress опускается, подразумевается, что эти методы могут работать непосредственно с форматом хранения данных. (Метод decompress не обязательно будет обратным к compress; в частности, если функция compress сохраняет данные с потерями, decompress не сможет восстановить в точности исходные данные. Поэтому метод decompress в общем случае неравнозначен fetch, так как другим методам GiST может не потребоваться восстанавливать данные полностью.)

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_decompress(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_decompress);

Datum
my_decompress(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    PG_RETURN_POINTER(PG_GETARG_POINTER(0));
}
```

Этот шаблон подходит для случая, когда преобразовывать данные не нужно. (Но, разумеется, ещё проще и в большинстве случаев рекомендуется вовсе опустить этот метод.)

penalty

Возвращает значение, выражающее «стоимость» добавления новой записи в конкретную ветвь дерева. Элементы будут вставляться по тому направлению в дереве, для которого значение penalty минимально. Результаты penalty должны быть неотрицательными; если возвращается отрицательное значение, оно воспринимается как ноль.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_penalty(internal, internal, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;  -- в некоторых случаях функции стоимости не должны быть строгими
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_penalty);

Datum
my_penalty(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY  *origentry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY  *newentry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(1);
    float      *penalty = (float *) PG_GETARG_POINTER(2);
    data_type  *orig = DatumGetDataType(origentry->key);
    data_type  *new = DatumGetDataType(newentry->key);

    *penalty = my_penalty_implementation(orig, new);
    PG_RETURN_POINTER(penalty);
}
```

По историческим причинам функция `penalty` не просто возвращает результат типа `float`; вместо этого она должна сохранить его значение по адресу, указанному третьим аргументом. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать этот же адрес.

Функция `penalty` важна для хорошей производительности индекса. Она будет вызываться во время добавления записи, чтобы выбрать ветвь для дальнейшего движения, когда в дерево нужно добавить новый элемент. Это имеет значение во время запроса, так как чем более сбалансирован индекс, тем быстрее будет поиск в нём.

`picksplit`

Когда необходимо разделить страницу индекса, эта функция решает, какие записи должны остаться в старой странице, а какие нужно перенести в новую.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_picksplit(internal, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_picksplit);

Datum
my_picksplit(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GistEntryVector *entryvec = (GistEntryVector *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GIST_SPLITVEC *v = (GIST_SPLITVEC *) PG_GETARG_POINTER(1);
    OffsetNumber maxoff = entryvec->n - 1;
    GISTENTRY  *ent = entryvec->vector;
    int         i,
                nbytes;
    OffsetNumber *left,
               *right;
    data_type  *tmp_union;
    data_type  *unionL;
    data_type  *unionR;
    GISTENTRY **raw_entryvec;
```

```
    maxoff = entryvec->n - 1;
    nbytes = (maxoff + 1) * sizeof(OffsetNumber);

    v->spl_left = (OffsetNumber *) palloc(nbytes);
    left = v->spl_left;
    v->spl_nleft = 0;

    v->spl_right = (OffsetNumber *) palloc(nbytes);
    right = v->spl_right;
    v->spl_nright = 0;

    unionL = NULL;
    unionR = NULL;

    /* Инициализировать чистый вектор записи. */
    raw_entryvec = (GISTENTRY **) malloc(entryvec->n * sizeof(void *));
    for (i = FirstOffsetNumber; i <= maxoff; i = OffsetNumberNext(i))
        raw_entryvec[i] = &(entryvec->vector[i]);

    for (i = FirstOffsetNumber; i <= maxoff; i = OffsetNumberNext(i))
    {
        int         real_index = raw_entryvec[i] - entryvec->vector;

        tmp_union = DatumGetDataType(entryvec->vector[real_index].key);
        Assert(tmp_union != NULL);

        /*
         * Выбрать, куда помещать записи индекса и изменить unionL и unionR
         * соответственно. Добавить записи в v->spl_left или
         * v->spl_right и увеличить счётчики.
         */

        if (my_choice_is_left(unionL, curl, unionR, curr))
        {
            if (unionL == NULL)
                unionL = tmp_union;
            else
                unionL = my_union_implementation(unionL, tmp_union);

            *left = real_index;
            ++left;
            ++(v->spl_nleft);
        }
        else
        {
            /*
             * То же самое с правой стороной
             */
        }
    }

    v->spl_ldatum = DataTypeGetDatum(unionL);
    v->spl_rdatum = DataTypeGetDatum(unionR);
    PG_RETURN_POINTER(v);
}
```

Заметьте, что результат функции picksplit доставляется через полученную на вход структуру v. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать адрес v.

Как и penalty, функция picksplit важна для хорошей производительности индекса. Сложность создания быстродействующих индексов GiST заключается как раз в разработке подходящих реализаций penalty и picksplit.

same

Возвращает true, если два элемента индекса равны, и false в противном случае. («Элемент индекса» — это значение типа хранения индекса, а не обязательно исходного типа индексируемого столбца.)

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_same(storage_type, storage_type, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_same);

Datum
my_same(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    prefix_range *v1 = PG_GETARG_PREFIX_RANGE_P(0);
    prefix_range *v2 = PG_GETARG_PREFIX_RANGE_P(1);
    bool       *result = (bool *) PG_GETARG_POINTER(2);

    *result = my_eq(v1, v2);
    PG_RETURN_POINTER(result);
}
```

По историческим причинам функция same не просто возвращает результат булевого типа; вместо этого она должна сохранить флаг по адресу, указанному третьим аргументом. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать этот же адрес.

distance

Для переданной записи индекса p и значения запроса q эта функция определяет «дистанцию» от записи индекса до значения в запросе. Эта функция должна быть представлена, если класс операторов содержит какие-либо операторы упорядочивания. Запрос с оператором упорядочивания будет выполняться так, чтобы записи индекса с наименьшей «дистанцией» возвращались первыми, так что результаты должны согласовываться со смысловым значением оператора. Для записи на уровне листьев результат представляет только дистанцию до этой записи, а для внутреннего узла дерева это будет минимальная дистанция, которая может быть получена среди всех его потомков.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_distance(internal, data_type, smallint, oid, internal)
RETURNS float8
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_distance);

Datum
my_distance(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY  *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
```

```
    data_type  *query = PG_GETARG_DATA_TYPE_P(1);
    StrategyNumber strategy = (StrategyNumber) PG_GETARG_UINT16(2);
    /* Oid subtype = PG_GETARG_OID(3); */
    /* bool *recheck = (bool *) PG_GETARG_POINTER(4); */
    data_type  *key = DatumGetDataType(entry->key);
    double      retval;

    /*
     * определить возвращаемое значение как функцию стратегии, ключа и запроса.
     */

    PG_RETURN_FLOAT8(retval);
}
```

Функции `distance` передаются те же аргументы, что и функции `consistent`.

При определении дистанции допускается некоторая неточность, если результат никогда не будет превышать действительную дистанцию до элемента. Так, например, в геометрических приложениях бывает достаточно определить дистанцию до описанного прямоугольника. Для внутреннего узла дерева результат не должен превышать дистанцию до любого из его дочерних узлов. Если возвращаемая дистанция неточная, функция должна установить флаг `*recheck`. (Это необязательно для внутренних узлов дерева; для них результат всегда считается неточным.) В этом случае исполнитель вычислит точную дистанцию, выбрав кортеж из кучи, и переупорядочит кортежи при необходимости.

Если функция distance возвращает `*recheck = true` для любого узла на уровне листьев, типом результата исходного оператора упорядочивания должен быть `float8` или `float4`, и значения результата функции distance должны быть сравнимы с результатами исходного оператора упорядочивания, так как исполнитель будет выполнять сортировку, используя и результаты функции distance, и уточнённые результаты оператора упорядочивания. В противном случае значениями результата distance могут быть любые конечные значения `float8`, при условии, что относительный порядок значений результата соответствует порядку, который даёт оператор упорядочивания. (Значения бесконечность и минус бесконечность применяются внутри для особых случаев, например, представления NULL, поэтому возвращать такие значения из функций `distance` не рекомендуется.)

`fetch`

Преобразует сжатое представление элемента данных в индексе в исходный тип данных, для сканирования только индекса. Возвращаемые данные должны быть точной, не примерной копией изначально проиндексированного значения.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_fetch(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

В качестве аргумента ей передаётся указатель на структуру `GISTENTRY`. При вызове её поле `key` содержит данные листа в сжатой форме (не NULL). Возвращаемое значение — ещё одна структура `GISTENTRY`, в которой поле `key` содержит те же данные в исходной, развёрнутой форме. Если функция `compress` класса операторов не делает с данными листьев ничего, метод `fetch` может возвратить аргумент без изменений. Либо, если класс операторов не имеет функции `compress`, метод `fetch` тоже может быть опущен, так как он в любом случае не должен ничего делать.

Соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_fetch);

Datum
```

```
my_fetch(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY  *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    input_data_type *in = DatumGetPointer(entry->key);
    fetched_data_type *fetched_data;
    GISTENTRY  *retval;

    retval = palloc(sizeof(GISTENTRY));
    fetched_data = palloc(sizeof(fetched_data_type));

    /*
     * Преобразовать структуру 'fetched_data' в Datum исходного типа данных.
     */

    /* Заполнить *retval из fetch_data. */
    gistentryinit(*retval, PointerGetDatum(converted_datum),
                  entry->rel, entry->page, entry->offset, FALSE);

    PG_RETURN_POINTER(retval);
}
```

Если метод сжатия является неточным для записей уровня листьев, такой класс операторов не может поддерживать сканирование только индекса и не должен определять функцию `fetch`.

`options`

Позволяет определить видимые пользователю параметры, управляющие поведением класса операторов.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_options(internal)
RETURNS void
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

Этой функции передаётся указатель на структуру *`local_relopts`*, в которую нужно внести набор параметров, относящихся к классу операторов. Обращаться к этим параметрам из других опорных функций можно с помощью макросов `PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS()` и `PG_GET_OPCLASS_OPTIONS()`.

Ниже показан пример реализации функции my_options() и использования параметров из других опорных функций:

```
typedef enum MyEnumType
{
    MY_ENUM_ON,
    MY_ENUM_OFF,
    MY_ENUM_AUTO
} MyEnumType;

typedef struct
{
    int32   vl_len_;    /* заголовок varlena (не меняйте его напрямую!) */
    int     int_param;  /* целочисленный параметр */
    double  real_param; /* параметр с плавающей точкой */
    MyEnumType enum_param; /* параметр-перечисление */
    int     str_param;  /* строковый параметр */
} MyOptionsStruct;

/* Строковое представление значений в перечислении */
```

```
static relopt_enum_elt_def myEnumValues[] =
{
    {"on", MY_ENUM_ON},
    {"off", MY_ENUM_OFF},
    {"auto", MY_ENUM_AUTO},
    {(const char *) NULL}   /* завершающий элемент списка */
};

static char *str_param_default = "default";

/*
 * Пример проверочной функции: проверяет, что строка не длиннее 8 байт.
 */
static void
validate_my_string_relopt(const char *value)
{
    if (strlen(value) > 8)
        ereport(ERROR,
                (errcode(ERRCODE_INVALID_PARAMETER_VALUE),
                 errmsg("str_param must be at most 8 bytes")));
}

/*
 * Пример функции-заполнителя: переводит символы в нижний регистр.
 */
static Size
fill_my_string_relopt(const char *value, void *ptr)
{
    char   *tmp = str_tolower(value, strlen(value), DEFAULT_COLLATION_OID);
    int     len = strlen(tmp);

    if (ptr)
        strcpy((char *) ptr, tmp);

    pfree(tmp);
    return len + 1;
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(my_options);

Datum
my_options(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    local_relopts *relopts = (local_relopts *) PG_GETARG_POINTER(0);

    init_local_reloptions(relopts, sizeof(MyOptionsStruct));
    add_local_int_reloption(relopts, "int_param", "integer parameter",
                            100, 0, 1000000,
                            offsetof(MyOptionsStruct, int_param));
    add_local_real_reloption(relopts, "real_param", "real parameter",
                             1.0, 0.0, 1000000.0,
                             offsetof(MyOptionsStruct, real_param));
    add_local_enum_reloption(relopts, "enum_param", "enum parameter",
                             myEnumValues, MY_ENUM_ON,
                             "Valid values are: \"on\", \"off\" and \"auto\".",
                             offsetof(MyOptionsStruct, enum_param));
    add_local_string_reloption(relopts, "str_param", "string parameter",
                               str_param_default,
```

```
                                        &validate_my_string_relopt,
                                        &fill_my_string_relopt,
                                        offsetof(MyOptionsStruct, str_param));

    PG_RETURN_VOID();
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(my_compress);

Datum
my_compress(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    int     int_param = 100;
    double  real_param = 1.0;
    MyEnumType enum_param = MY_ENUM_ON;
    char   *str_param = str_param_default;

    /*
     * Обычно когда в классе операторов определён метод 'options', полученные через
 него
     * параметры всегда передаются опорным функциям.  Однако если вы добавите метод
 'options' в
     * существующий класс операторов, в ранее созданных индексах параметров не
 будет, поэтому
     * необходима следующая проверка.
     */
    if (PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS())
    {
        MyOptionsStruct *options = (MyOptionsStruct *) PG_GET_OPCLASS_OPTIONS();

        int_param = options->int_param;
        real_param = options->real_param;
        enum_param = options->enum_param;
        str_param = GET_STRING_RELOPTION(options, str_param);
    }

    /* продолжение реализации опорной функции */
}
```

Так как в GiST представление ключа допускает гибкость, могут быть полезны параметры для настройки этого индекса. Например, можно задать длину ключа сигнатуры. В качестве примера рассмотрите функцию `gtsvector_options()`.

Все опорные методы GiST обычно вызываются в кратковременных контекстах памяти; то есть, `CurrentMemoryContext` сбрасывается после обработки каждого кортежа. Таким образом можно не заботиться об освобождении любых блоков памяти, выделенных функцией palloc. Однако в некоторых случаях для опорного метода полезно кешировать какие-либо данные между вызовами. Для этого нужно разместить долгоживущие данные в контексте `fcinfo->flinfo->fn_mcxt` и сохранить указатель на них в `fcinfo->flinfo->fn_extra`. Такие данные смогут просуществовать всё время операции с индексом (например, одно сканирование индекса GiST, построение индекса или добавление кортежа в индекс). Не забудьте вызвать pfree для предыдущего значения, заменяя значение в `fn_extra`, чтобы не допустить накопления утечек памяти в ходе операции.

64.4. Реализация

64.4.1. Построение GiST с буферизацией

Если попытаться построить большой индекс GiST, просто добавляя все кортежи по очереди, скорее всего это будет медленно, потому что если кортежи индексов будут разбросаны по всему индексу, а индекс будет большим и не поместится в кеше, при добавлении записей потребуется произвести множество операций произвольного доступа. Начиная с версии 9.2, PostgreSQL поддерживает более эффективный метод построения индексов с применением буферизации, что позволяет кардинально сократить число операций произвольного доступа, требующихся при обработке неупорядоченных наборов данных. Для хорошо упорядоченных наборов выигрыш может быть минимальным или вообще отсутствовать, так как всего несколько страниц будут принимать новые кортежи в один момент времени, и эти страницы будут умещаться в кеше, даже если весь индекс очень большой.

Однако при построении индекса с буферизацией приходится гораздо чаще вызывать функцию `penalty`, на что уходят дополнительные ресурсы процессора. Кроме того, используемым для этой операции буферам требуется временное место на диске, вплоть до размера результирующего индекса. Буферизация также может повлиять на качество результирующего индекса как в положительную, так и в отрицательную сторону. Это влияние зависит от различных факторов, например от распределения поступающих данных и от реализации класса операторов.

По умолчанию при построении индекса GiST включается буферизация, когда размер индекса достигает значения effective_cache_size. Этот режим можно вручную включить или отключить с помощью параметра `buffering` команды CREATE INDEX. Поведение по умолчанию достаточно эффективно в большинстве случаев, но если входные данные упорядочены, выключив буферизацию, можно получить некоторое ускорение.

64.5. Примеры

В дистрибутив исходного кода PostgreSQL включены несколько примеров методов индексов, реализованных на базе GiST. В настоящее время ядро системы обеспечивает поддержку текстового поиска (индексацию типов `tsvector` и `tsquery`), а также функциональность R-дерева для некоторых встроенных геометрических типов данных (см. `src/backend/access/gist/gistproc.c`). Классы операторов GiST содержатся также и в следующих дополнительных модулях (`contrib`):

`btree_gist`

Функциональность B-дерева для различных типов данных

`cube`

Индексирование для многомерных кубов

`hstore`

Модуль для хранения пар (ключ, значение)

`intarray`

RD-дерево для одномерных массивов значений int4

`ltree`

Индексирование древовидных структур

`pg_trgm`

Схожесть текста на основе статистики триграмм

`seg`

Индексирование «диапазонов чисел с плавающей точкой»

Глава 65. Индексы SP-GiST

65.1. Введение

Аббревиатура SP-GiST расшифровывается как «Space-Partitioned GiST» (GiST с секционированием пространства). SP-GiST поддерживает деревья поиска с секционированием, что облегчает разработку широкого спектра различных несбалансированных структур данных, в том числе деревьев квадрантов, а также k-мерных и префиксных деревьев. Общей характеристикой этих структур является то, что они последовательно разбивают пространство поиска на сегменты, которые не обязательно должны быть равного размера. При этом поиск, хорошо соответствующий правилу секционирования, с таким индексом может быть очень быстрым.

Эти популярные структуры данных изначально конструировались для работы в памяти. При таком применении они обычно представляются в виде набора динамически выделяемых узлов, связываемых указателями. Однако подобную схему нельзя в таком виде перенести на диск, так как цепочки указателей могут быть довольно длинными, и поэтому потребуется слишком много обращений к диску. Структуры данных для хранения на диске, напротив, должны иметь большую разветвлённость для минимизации объёма ввода/вывода. Для решения этой задачи SP-GiST сопоставляет узлы дерева поиска со страницами на диске так, чтобы при поиске требовалось обращаться только к нескольким страницам на диске, даже если при этом нужно просмотреть множество узлов.

Как и GiST, SP-GiST призван дать возможность разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД.

Представленная здесь информация частично позаимствована с *сайта* Проекта индексации SP-GiST Университета Пердью. Сопровождением реализации SP-GiST в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов; дополнительные сведения можно получить на их *сайте*.

65.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов SP-GiST, перечисленные в Таблице 65.1.

Таблица 65.1. Встроенные классы операторов SP-GiST

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы	Операторы упорядочивания
kd_point_ops	point	<< <@ <^ >> >^ ~=	<->
quad_point_ops	point	<< <@ <^ >> >^ ~=	<->
range_ops	любой тип диапазона	&& &< &> -|- << <@ = >> @>	
box_ops	box	<< &< && &> >> ~= @> <@ &<| <<| |>> |&>	<->
poly_ops	polygon	<< &< && &> >> ~= @> <@ &<| <<| |>> |&>	<->
text_ops	text	< <= = > >= ~<=~ ~<~ ~>=~ ~>~ ^@	
inet_ops	inet, cidr	&& >> >>= > >= <> << <<= < <= =	

Из двух классов операторов для типа point классом по умолчанию является quad_point_ops. Класс kd_point_ops поддерживает те же операторы, но использует другую структуру данных индекса, которая может дать выигрыш в скорости для некоторых приложений.

Классы операторов quad_point_ops, kd_point_ops и poly_ops поддерживают оператор упорядочивания <->, позволяющий выполнить поиск k ближайших соседей (k-NN) по индексированному набору точек или многоугольников.

65.3. Расширяемость

SP-GiST предлагает интерфейс с высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только методы, специфичные для конкретного типа данных. Ядро SP-GiST отвечает за эффективную схему обращений к диску и поиск в структуре дерева, а также берёт на себя заботу о параллельном доступе и поддержке журнала.

Кортежи в листьях дерева SP-GiST содержат значения того же типа данных, что и индексируемый столбец. На верхнем уровне эти кортежи содержат всегда исходное индексируемое значение данных, но на более нижних могут содержать только сокращённое представление, например, суффикс. В этом случае опорные функции класса операторов должны уметь восстанавливать исходное значение, собирая его из внутренних кортежей, которые нужно пройти для достижения уровня конкретного листа.

Внутренние кортежи устроены сложнее, так как они представляют собой точки разветвления в дереве поиска. Каждый внутренний кортеж содержит набор из одного или нескольких *узлов*, представляющих группы сходных значений листьев. Узел содержит ответвление, приводящее либо к другому, внутреннему кортежу нижнего уровня, либо к короткому списку кортежей в листьях, лежащих в одной странице индекса. Для каждого узла обычно задаётся *метка*, описывающая его; например, в префиксном дереве меткой может быть очередной символ в строковом значении. (С другой стороны, класс операторов может опускать метки узлов, если он имеет дело с фиксированным набором узлов во всех внутренних кортежах; см. Подраздел 65.4.2.) Дополнительно внутренний кортеж может хранить *префикс*, описывающий все его члены. В префиксном дереве это может быть общий префикс всех представленных ниже строк. Значением префикса не обязательно должен быть префикс, а могут быть любые данные, требующиеся классу операторов; например, в дереве квадрантов это может быть центральная точка, от которой отмеряются четыре квадранта. В этом случае внутренний кортеж дерева квадрантов будет также содержать четыре узла, соответствующие квадрантам вокруг этой центральной точки.

Некоторые алгоритмы деревьев требует знания уровня (или глубины) текущего кортежа, так что ядро SP-GiST даёт возможность классам операторов контролировать число уровней при спуске по дереву. Также имеется поддержка пошагового восстановления представленного значения, когда это требуется, и передачи вниз дополнительных данных (так называемых *переходящих значений*) при спуске.

Примечание

Ядро SP-GiST берёт на себя заботу о значениях NULL. Хотя в индексах SP-GiST не хранятся записи для NULL в индексируемых столбцах, это скрыто от кода класса операторов; записи индексов или условия поиска с NULL никогда не передаются методам класса операторов. (Предполагается, что операторы SP-GiST строгие и не могут возвращать положительный результат для значений NULL.) Поэтому значения NULL здесь больше обсуждаться не будут.

Класс операторов индекса для SP-GiST должен предоставить пять методов и может дополнительно предоставить ещё два. Все пять обязательных методов должны по единому соглашению принимать два аргумента internal, первым из которых будет указатель на структуру C, содержащую входные значения для опорного метода, а вторым — указатель на структуру C, в которую должны помещаться выходные значения. Четыре из этих методов должны возвращать просто void, так как их результаты помещаются в выходную структуру; однако leaf_consistent возвращает результат boolean. Эти методы не должны менять никакие поля в их входных структурах. Выходная структура всегда обнуляется перед вызовом пользовательского метода. Необязательный шестой метод compress принимает в единственном аргументе значение datum, подлежащее индексированию, и возвращает значение, подходящее для физического хранения в кортеже уровня листьев. Необязательный седьмой метод `options` принимает указатель типа `internal` на структуру C, в которую должны помещаться параметры для класса операторов, и возвращает `void`.

Пользователь должен определить следующие пять обязательных методов:

`config`

Возвращает статическую информацию о реализации индекса, включая OID типов данных префикса и метки узла.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_config(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgConfigIn` языка C, содержащие входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgConfigOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgConfigIn
{
    Oid         attType;        /* Индексируемый тип данных */
} spgConfigIn;

typedef struct spgConfigOut
{
    Oid         prefixType;     /* Тип данных префикса во внутренних кортежах */
    Oid         labelType;      /* Тип данных метки узла во внутренних кортежах */
    Oid         leafType;       /* Тип данных в кортежах уровня листьев */
    bool        canReturnData;  /* Класс операторов может восстановить исходные
 данные */
    bool        longValuesOK;   /* Класс может принимать значения, не умещающиеся на
 одной странице */
} spgConfigOut;
```

Поле `attType` передаётся для поддержки полиморфных классов операторов; для обычных классов операторов с фиксированным типом оно будет всегда содержать одно значение и поэтому его можно просто игнорировать.

Для классов операторов, не использующих префиксы, в `prefixType` можно установить `VOIDOID`. Подобным образом, для классов операторов, не использующих метки узлов, в `labelType` тоже можно установить `VOIDOID`. Признак `canReturnData` следует установить, если класс операторов может восстановить изначально переданное в индекс значение. Признак `longValuesOK` должен устанавливаться, только если `attType` переменной длины и класс операторов может фрагментировать длинные значения, повторяя суффиксы (см. Подраздел 65.4.1).

Значение `leafType` обычно совпадает с `attType`. Для обеспечения обратной совместимости методу `config` разрешается оставить `leafType` неинициализированным; это будет иметь тот же эффект, что и присваивание `leafType` значения `attType`. Когда `attType` и `leafType` различаются, должен предоставляться метод `compress`. Метод `compress` отвечает за преобразование данных, подлежащих индексации, из типа `attType` в тип `leafType`. Заметьте, что обе функции, оценивающие согласованность, получают значения `scankeys` неизменёнными, не прошедшими через `compress`.

`choose`

Выбирает метод для добавления нового значения во внутренний кортеж.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_choose(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgChooseIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgChooseOut`, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgChooseIn
{
    Datum       datum;          /* исходное значение, которое должно индексироваться
 */
    Datum       leafDatum;      /* текущее значение, которое должно сохраниться в
 листе */
    int         level;          /* текущий уровень (начиная с нуля) */

    /* Данные из текущего внутреннего кортежа */
    bool        allTheSame;     /* кортеж с признаком все-равны? */
    bool        hasPrefix;      /* у кортежа есть префикс? */
    Datum       prefixDatum;    /* если да, то это значение префикса */
    int         nNodes;         /* число узлов во внутреннем кортеже */
    Datum      *nodeLabels;     /* значения меток узлов (NULL, если их нет) */
} spgChooseIn;

typedef enum spgChooseResultType
{
    spgMatchNode = 1,           /* спуститься в существующий узел */
    spgAddNode,                 /* добавить узел во внутренний кортеж */
    spgSplitTuple               /* разделить внутренний кортеж (изменить его
 префикс) */
} spgChooseResultType;

typedef struct spgChooseOut
{
    spgChooseResultType resultType;     /* код действия, см. выше */
    union
    {
        struct                  /* результаты для spgMatchNode */
        {
            int         nodeN;      /* спуститься к этому узлу (нумерация с 0) */
            int         levelAdd;   /* шаг увеличения уровня */
            Datum       restDatum;  /* новое значение листа */
        }           matchNode;
        struct                  /* результаты для spgAddNode */
        {
            Datum       nodeLabel;  /* метка нового узла */
            int         nodeN;      /* куда вставлять её (нумерация с 0) */
        }           addNode;
        struct                  /* результаты для spgSplitTuple */
        {
            /* Информация для формирования нового внутреннего кортежа верхнего
 уровня с одним дочерним кортежем */
            bool        prefixHasPrefix;    /* кортеж должен иметь префикс? */
            Datum       prefixPrefixDatum;  /* если да, его значение */
            int         prefixNNodes;       /* число узлов */
            Datum      *prefixNodeLabels;   /* их метки (или NULL, если
                                             * меток нет) */
            int         childNodeN;         /* узел, который получит дочерний кортеж
 */

            /* Информация для формирования нового внутреннего кортежа нижнего уровня
 со всеми старыми узлами */
```

```
            bool        postfixHasPrefix;   /* кортеж должен иметь префикс? */
            Datum       postfixPrefixDatum; /* если да, его значение */
        }           splitTuple;
    }           result;
} spgChooseOut;
```

В datum передаётся исходное значение типа spgConfigIn.attType, которое должно быть вставлено в индекс. В leafDatum содержится значение типа spgConfigOut.leafType, изначально представляющее собой результат метода compress, применённого к datum, если метод compress реализован, а иначе — собственно значение datum. leafDatum может быть другим на нижних уровнях дерева, если его изменят функции choose или picksplit. Когда поиск места добавления достигает страницы уровня листа, в создаваемом кортеже листа сохраняется текущее значение leafDatum. В level задаётся текущий уровень внутреннего кортежа, начиная с нуля для уровня корня. Признак allTheSame устанавливается, если текущий внутренний кортеж содержит несколько равнозначных узлов (см. Подраздел 65.4.3). Признак hasPrefix устанавливается, если текущий внутренний кортеж содержит префикс; в этом случае в prefixDatum задаётся его значение. Поле nNodes задаёт число дочерних узлов, содержащихся во внутреннем кортеже, а nodeLabels представляет массив их меток или NULL, если меток у них нет.

Функция choose может определить, соответствует ли новое значение одному из существующих дочерних узлов, или что нужно добавить новый дочерний узел, или что новое значение не согласуется с префиксом кортежа и внутренний кортеж нужно разделить, чтобы получить менее ограничивающий префикс.

Если новое значение соответствует одному из существующих дочерних узлов, установите в resultType значение spgMatchNode. Установите в nodeN номер этого узла в массиве узлов (нумерация начинается с нуля). Установите в levelAdd значение, на которое должен увеличиваться уровень (level) при спуске через этот узел, либо оставьте его нулевым, если класс операторов не отслеживает уровни. Установите restDatum, равным leafDatum, если класс операторов не меняет значения данных от уровня к уровню, а в противном случае запишите в него изменённое значение, которое должно использоваться в качестве leafDatum на следующем уровне.

Если нужно добавить новый дочерний узел, установите в resultType значение spgAddNode. В nodeLabel задайте метку для нового узла, а в nodeN позицию (отсчитываемую от нуля), в которую должен вставляться узел в массиве узлов. После того как узел будет добавлен, функция choose вызывается снова с изменённым внутренним кортежем; в результате этого вызова должен быть получен результат spgMatchNode.

Если новое значение не согласуется с префиксом кортежа, установите в resultType значение spgSplitTuple. Это действие приводит к перемещению всех существующих узлов в новый внутренний кортеж нижнего уровня и замене существующего внутреннего кортежа кортежем, содержащим одну ссылку вниз на новый внутренний кортеж. Установите признак prefixHasPrefix, чтобы указать, должен ли новый верхний кортеж иметь префикс, и если да, задайте в prefixPrefixDatum значение префикса. Это новое значение префикса должно быть в достаточной мере менее ограничивающим, чем исходное, чтобы в индекс было принято новое значение. Запишите в prefixNNodes число требующихся узлов в новом кортеже, а в prefixNodeLabels — указатель на выделенный через palloc массив с их метками или NULL, если метки узлов не нужны. Заметьте, что общий размер нового кортежа верхнего уровня не должен превышать общий размер кортежа, который он замещает; это ограничивает длины нового префикса и новых меток. Установите в childNodeN индекс (начиная с нуля) узла, который будет ссылаться на новый внутренний кортеж нижнего уровня. Установите признак postfixHasPrefix, чтобы указать, должен ли новый внутренний кортеж нижнего уровня иметь префикс, и если да, задайте в postfixPrefixDatum значение префикса. Сочетание этих двух префиксов и метки узла, ссылающегося вниз, (если она есть) должно иметь то же значение, что и исходный префикс, так как нет возможности ни изменить метки узлов, перемещённых в новый кортеж нижнего уровня, ни изменить какие-либо нижние записи индекса. После того как узел разделён, функция choose будет вызвана снова с заменяемым внутренним кортежем. При этом вызове может быть возвращён результат spgAddNode, если подходящий узел не был создан действием spgSplitTuple. В конце концов choose должна вернуть spgMatchNode, чтобы операция добавления могла перейти на следующий уровень.

picksplit

Выбирает, как создать новый внутренний кортеж по набору кортежей в листьях.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_picksplit(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру spgPickSplitIn языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру spgPickSplitOut языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgPickSplitIn
{
    int         nTuples;        /* число кортежей в листьях */
    Datum      *datums;         /* их значения (массив длины nTuples) */
    int         level;          /* текущий уровень (отсчитывая от 0) */
} spgPickSplitIn;

typedef struct spgPickSplitOut
{
    bool        hasPrefix;      /* новый внутренний кортеж должен иметь префикс? */
    Datum       prefixDatum;    /* если да, его значение */

    int         nNodes;         /* число узлов для нового внутреннего кортежа */
    Datum      *nodeLabels;     /* их метки (или NULL, если их нет) */

    int        *mapTuplesToNodes;   /* номер узла для каждого кортежа в листе */
    Datum      *leafTupleDatums;    /* значения, помещаемые в каждый новый кортеж */
} spgPickSplitOut;
```

В nTuples задаётся число предоставленных кортежей уровня листьев, а в datums — массив их значений типа spgConfigOut.leafType. В level указывается текущий уровень, который должны разделять все кортежи листьев, и который станет уровнем нового внутреннего кортежа.

Установите признак hasPrefix, чтобы указать, должен ли новый внутренний кортеж иметь префикс, и если да, задайте в prefixDatum значение префикса. Установите в nNodes количество узлов, которые будут содержаться во внутреннем кортеже, а в nodeLabels — массив значений их меток либо NULL, если узлам не нужны метки. Поместите в mapTuplesToNodes указатель на массив, назначающий номера узлов (начиная с нуля) каждому кортежу листа. В leafTupleDatums передайте массив значений, которые должны быть сохранены в новых кортежах листьев (они будут совпадать со входными значениями (datums), если класс операторов не изменяет значения от уровня к следующему). Заметьте, что функция picksplit сама должна выделить память, используя palloc, для массивов nodeLabels, mapTuplesToNodes и leafTupleDatums.

Если передаётся несколько кортежей листьев, ожидается, что функция picksplit классифицирует их и разделит на несколько узлов; иначе нельзя будет разнести кортежи листьев по разным страницам, что является конечной целью этой операции. Таким образом, если picksplit в итоге помещает все кортежи листьев в один узел, ядро SP-GiST меняет это решение и создаёт внутренний кортеж, в котором кортежи листьев связываются случайным образом с несколькими узлами с одинаковыми метками. Такой кортеж помечается флагом allTheSame, показывающим, что все узлы равны. Функции choose и inner_consistent должны работать с такими внутренними кортежами особым образом. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 65.4.3.

picksplit может применяться к одному кортежу на уровне листьев, только когда функция config установила в longValuesOK значение true и было передано входное значение, большее страницы. В этом случае цель операции — отделить префикс и получить новое, более короткое значение для листа. Этот вызов будет повторяться, пока значение уровня листа не уменьшится настолько, чтобы уместиться в странице. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 65.4.1.

`inner_consistent`

Возвращает набор узлов (ветвей), по которым надо продолжать поиск.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_inner_consistent(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgInnerConsistentIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgInnerConsistentOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgInnerConsistentIn
{
    ScanKey     scankeys;       /* массив операторов и искомых значений */
    ScanKey     orderbys;       /* массив операторов упорядочивания и
                                 * сравниваемых значений */
    int         nkeys;          /* длина массива scankeys */
    int         norderbys;      /* длина массива orderbys */

    Datum       reconstructedValue;     /* значение, восстановленное для родителя */
    void       *traversalValue; /* переходящее значение, специфичное для класса
 операторов */
    MemoryContext traversalMemoryContext;   /* переходящие значения нужно помещать
 сюда */
    int         level;          /* текущий уровень (отсчитывается от нуля) */
    bool        returnData;     /* нужно ли возвращать исходные данные? */

    /* Данные из текущего внутреннего кортежа */
    bool        allTheSame;     /* кортеж с признаком все-равны? */
    bool        hasPrefix;      /* у кортежа есть префикс? */
    Datum       prefixDatum;    /* если да, то это значение префикса */
    int         nNodes;         /* число узлов во внутреннем кортеже */
    Datum      *nodeLabels;     /* значения меток узлов (NULL, если их нет) */
} spgInnerConsistentIn;

typedef struct spgInnerConsistentOut
{
    int         nNodes;         /* число дочерних узлов, которые нужно посетить */
    int        *nodeNumbers;    /* их номера в массиве узлов */
    int        *levelAdds;      /* шаги увеличения уровня для этих узлов */
    Datum      *reconstructedValues;    /* связанные восстановленные значения */
    void      **traversalValues;        /* переходящие значения, специфичные для
 класса операторов */
    double    **distances;              /* связанные расстояния */
} spgInnerConsistentOut;
```

Массив `scankeys` длины `nkeys` описывает условия поиска по индексу. Эти условия объединяются операцией И — найдены должны быть только те записи, которые удовлетворяют всем условиям. (Заметьте, что с `nkeys` = 0 подразумевается, что запросу удовлетворяют все записи в индексе.) Обычно эту функцию интересуют только поля `sk_strategy` и `sk_argument` в каждой записи массива, в которых определяется соответственно индексируемый оператор и искомое значение. В частности, нет необходимости проверять `sk_flags`, чтобы распознать NULL в искомом значении, так как ядро SP-GiST отфильтрует такие условия. Массив `orderbys` длины `norderbys` подобным образом описывает упорядочивающие операторы (если они есть). В `reconstructedValue` передаётся значение, восстановленное для родительского кортежа; это может быть `(Datum) 0` на уровне корня или если функция `inner_consistent` не установила значение на предыдущем уровне. Значение reconstructedValue всегда имеет тип spgConfigOut.leafType. В traversalValue передаётся указатель на переходящие данные, полученные из предыдущего вызова inner_consistent для родительского кортежа индекса, либо NULL на уровне корня. Поле traversalMemoryContext указывает на контекст памяти, в котором нужно сохранить выходные переходящие данные (см. ниже). В level передаётся уровень текущего внутреннего кортежа (уровень корня считается нулевым). Флаг returnData устанавливается, когда для этого запроса нужно получить восстановленные данные; это возможно, только если функция config установила признак canReturnData. Признак allTheSame устанавливается, если текущий внутренний кортеж имеет пометку «все-равны»; в этом случае все узлы имеют одну метку (если имеют) и значит, либо все они, либо никакой не соответствует запросу (см. Подраздел 65.4.3). Признак hasPrefix устанавливается, если текущий внутренний кортеж содержит префикс; в этом случае в prefixDatum находится его значение. В nNodes задаётся число дочерних узлов, содержащихся во внутреннем кортеже, а в nodeLabels — массив их меток либо NULL, если они не имеют меток.

В nNodes нужно записать число дочерних узлов, которые потребуется посетить при поиске, а в nodeNumbers — массив их индексов. Если класс операторов отслеживает уровни, в levelAdds нужно передать массив с шагами увеличения уровня при посещении каждого узла. (Часто шаг будет одним для всех узлов, но может быть и по-другому, поэтому применяется массив.) Если потребовалось восстановить значения, поместите в reconstructedValues указатель на массив значений типа spgConfigOut.leafType, восстановленных для каждого дочернего узла, который нужно посетить; в противном случае оставьте reconstructedValues равным NULL. Если выполняется поиск с упорядочиванием, поместите в distances массив расстояний в соответствии с массивом orderbys (узлы с меньшими расстояниями будут обрабатываться первыми). В противном случае оставьте в этом поле NULL. Если желательно передать дополнительные данные («переходящие значения») на нижние уровни при поиске по дереву, поместите в traversalValues указатель на массив соответствующих переходящих значений, по одному для каждого дочернего узла, который нужно посетить; в противном случае оставьте в traversalValues значение NULL. Заметьте, что функция inner_consistent сама должна выделять память, используя palloc, для массивов nodeNumbers, levelAdds, distances, reconstructedValues и traversalValues в текущем контексте памяти. Однако выходные переходящие значения, на которые указывает массив traversalValues, должны размещаться в контексте traversalMemoryContext. При этом каждое переходящее значения должно располагаться в отдельном блоке памяти palloc.

leaf_consistent

Возвращает true, если кортеж листа удовлетворяет запросу.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_leaf_consistent(internal, internal) RETURNS bool ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру spgLeafConsistentIn языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру spgLeafConsistentOut языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgLeafConsistentIn
{
    ScanKey     scankeys;       /* массив операторов и искомых значений */
    ScanKey     orderbys;       /* массив операторов упорядочивания и
                                 * сравниваемых значений */
    int         nkeys;          /* длина массива scankeys */
    int         norderbys;      /* длина массива orderbys */

    Datum       reconstructedValue;     /* значение, восстановленное для родителя */
    void       *traversalValue; /* переходящее значение, специфичное для класса
 операторов */
    int         level;          /* текущий уровень (отсчитывая от нуля) */
    bool        returnData;     /* нужно ли возвращать исходные данные? */
```

```
    Datum       leafDatum;      /* значение в кортеже листа */
} spgLeafConsistentIn;

typedef struct spgLeafConsistentOut
{
    Datum       leafValue;        /* восстановленные исходные данные, при наличии */
    bool        recheck;          /* true, если оператор нужно перепроверить */
    bool        recheckDistances; /* true, если расстояния нужно перепроверить */
    double     *distances;        /* связанные расстояния */
} spgLeafConsistentOut;
```

Массив `scankeys` длины `nkeys` описывает условия поиска по индексу. Эти условия объединяются операцией И — запросу удовлетворяют только те записи в индексе, которые удовлетворяют всем этим условиям. (Заметьте, что с `nkeys` = 0 подразумевается, что запросу удовлетворяют все записи в индексе.) Обычно эту функцию интересуют только поля `sk_strategy` и `sk_argument` в каждой записи массива, в которых определяются соответственно индексируемый оператор и искомое значение. В частности, нет необходимости проверять `sk_flags`, чтобы распознать NULL в искомом значении, так как ядро SP-GiST отфильтрует такие условия. Массив `orderbys` длины `norderbys` подобным образом описывает упорядочивающие операторы. В `reconstructedValue` передаётся значение, восстановленное для родительского кортежа; это может быть `(Datum) 0` на уровне корня или если функция `inner_consistent` не установила значение на предыдущем уровне. Значение `reconstructedValue` всегда имеет тип `spgConfigOut.leafType`. В `traversalValue` передаётся указатель на переходящие данные, полученные из предыдущего вызова `inner_consistent` для родительского кортежа индекса, либо NULL на уровне корня. В `level` передаётся уровень текущего внутреннего кортежа (уровень корня считается нулевым). Флаг `returnData` устанавливается, когда для этого запроса нужно получить восстановленные данные; это возможно, только если функция `config` установила признак `canReturnData`. В `leafDatum` передаётся значение ключа, записанное в текущем кортеже листа.

Эта функция должна вернуть `true`, если кортеж листа соответствует запросу, или `false` в противном случае. В случае положительного результата, если в поле `returnData` передано `true`, нужно поместить в `leafValue` значение типа `spgConfigIn.attType`, изначально переданное для индексации в этот кортеж. Кроме того, флагу `recheck` можно присвоить `true`, если соответствие неточное, так что для установления точного результата проверки нужно повторно применить оператор(ы) к собственно кортежу данных. Если выполняется упорядочивающий поиск, поместите в `distances` массив со значениями расстояния, соответствующими массиву `orderbys`. В противном случае оставьте в этом поле NULL. Если хотя бы одно из возвращаемых расстояний определено неточно, присвойте true полю `recheckDistances`. В этом случае исполнитель вычислит точные расстояния после получения кортежа из кучи и переупорядочит кортежи, если потребуется.

Дополнительно пользователь может определить методы:

`Datum compress(Datum in)`

Преобразует элемент данных в формат, подходящий для физического хранения в кортеже уровня листьев на странице индекса. Эта функция принимает значение `spgConfigIn.attType` и возвращает `spgConfigOut.leafType` (это значение должно быть не в виде TOAST).

`options`

Определяет набор видимых пользователю параметров, управляющих поведением класса операторов.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_options(internal)
RETURNS void
AS 'MODULE_PATHNAME'
```

```
LANGUAGE C STRICT;
```

Этой функции передаётся указатель на структуру *local_relopts*, в которую нужно внести набор параметров, относящихся к классу операторов. Обращаться к этим параметрам из других опорных функций можно с помощью макросов `PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS()` и `PG_GET_OPCLASS_OPTIONS()`.

Так как в SP-GiST представление ключа допускает гибкость, могут быть полезны параметры для настройки этого индекса.

Все опорные методы SP-GiST обычно вызываются в кратковременных контекстах памяти; то есть `CurrentMemoryContext` сбрасывается после обработки каждого кортежа. Таким образом, можно не заботиться об освобождении любых блоков памяти, выделенных функцией palloc. (Метод `config` является исключением: в нём нужно не допускать утечек памяти. Но обычно метод `config` не делает ничего, кроме как присваивает константы переданной структуре параметров.)

Если индексируемый столбец имеет сортируемый тип данных, правило сортировки индекса будет передаваться всем опорным методам, используя стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

65.4. Реализация

В этом разделе освещаются тонкости реализации и особенности, о которых полезно знать тем, кто будет реализовывать классы операторов SP-GiST.

65.4.1. Ограничения SP-GiST

Отдельные кортежи листьев и внутренние кортежи должны умещаться в одной странице индекса (по умолчанию её размер 8 Кбайт). Таким образом при индексировании значений типов данных переменной длины большие значения могут поддерживаться только такими схемами, как префиксные деревья, в которых каждый уровень дерева включает префикс, достаточно короткий для помещения в страницу, и на конечном уровне листьев содержится суффикс, который также достаточно мал, чтобы поместиться в странице. Класс операторов должен устанавливать признак `longValuesOK`, только если он готов организовывать такую структуру. Если этот признак не установлен, ядро SP-GiST не примет запрос на индексацию значения, которое слишком велико для одной страницы индекса.

Также класс операторов должен отвечать за то, чтобы внутренние кортежи при расширении не выходили за пределы страницы индекса; это ограничивает число дочерних узлов, которые могут принадлежать одному внутреннему кортежу, а также максимальный размер значения префикса.

Ещё одно ограничение состоит в том, что когда узел внутреннего кортежа указывает на набор кортежей листьев, все эти кортежи должны находиться в одной странице индекса. (Это конструктивное ограничение введено для оптимизации позиционирования и экономии места на ссылках, связывающих такие кортежи вместе.) Если набор кортежей листьев оказывается слишком большим для одной страницы, выполняется разделение и вставляется промежуточный внутренний кортеж. Чтобы устранить возникшую проблему, новый внутренний кортеж *должен* разделять набор значений в листе на несколько групп узлов. Если функция `picksplit` класса операторов не может сделать это, ядро SP-GiST переходит к чрезвычайным мерам, описанным в Подразделе 65.4.3.

Когда `longValuesOK` имеет значение true, ожидается, что последующие уровни дерева SP-GiST будут включать всё больше и больше информации в префиксы и метки узлов внутренних кортежей, постепенно уменьшая значение, которое нужно сохранить на уровне листьев, чтобы оно в конце концов уместилось на странице. Чтобы в случае ошибки в классах операторах исключить бесконечные циклы при добавлении записи, ядро SP-GiST выдаст ошибку, если значение для листа не уменьшится за 10 вызовов метода `choose`.

65.4.2. SP-GiST без меток узлов

В некоторых древовидных схемах каждый внутренний кортеж содержит фиксированный набор узлов; например, в дереве квадрантов это всегда четыре узла, соответствующие четырём квадрантам вокруг центральной точки внутреннего кортежа. В таком случае код обычно работает с узлами по номерам и необходимости в явных метках узлов нет. Чтобы убрать метки узлов (и таким образом сэкономить место), функция `picksplit` может возвратить NULL вместо массива `nodeLabels`, а функция `choose` аналогично может возвратить NULL вместо массива `prefixNodeLabels` во время действия `spgSplitTuple`. В результате при последующих вызовах функций `choose` и `inner_consistent` им вместо `nodeLabels` будет передаваться NULL. В принципе метки узлов могут применяться для одних внутренних кортежей и отсутствовать у других в том же индексе.

Когда внутренний кортеж содержит узлы без меток, функция `choose` не может выбрать действие `spgAddNode`, так как в этом случае предполагается, что набор узлов фиксированный.

65.4.3. Внутренние кортежи «все-равны»

Ядро SP-GiST может переопределить результаты функции `picksplit` класса операторов, когда эта функция не может разделить поступившие значения листьев на минимум две категории узлов. Когда это происходит, создаётся новый внутренний кортеж с несколькими узлами, каждый из которых имеет одну метку (если имеет), которую `picksplit` дала одному узлу, а значения листьев распределяются случайно между этими равнозначными узлами. Для этого внутреннего кортежа устанавливается флаг `allTheSame`, который предупреждает функции `choose` и `inner_consistent`, что кортеж не содержит набор узлов, который они обычно ожидают.

Когда обрабатывается кортеж с флагом `allTheSame`, выбранное функцией `choose` действие `spgMatchNode` воспринимается как указание, что новое значение можно присвоить одному из равнозначных узлов; код ядра будет игнорировать полученное значение `nodeN` и спустится в один из узлов, выбранный случайно (чтобы дерево было сбалансированным). Будет считаться ошибкой, если `choose` выберет действие `spgAddNode`, так как при этом не все узлы окажутся равны; если добавляемое значение не соответствует существующим узлам, должно выбираться действие `spgSplitTuple`.

Также, когда обрабатывается кортеж с флагом `allTheSame`, функция `inner_consistent` должна вернуть все или не возвращать никакие узлы для продолжения поиска по индексу, так как все узлы равнозначны. Для этого может потребоваться, а может и не потребоваться код обработки особого случая, в зависимости от того, как `inner_consistent` обычно воспринимает узлы.

65.5. Примеры

Дистрибутив исходного кода PostgreSQL содержит несколько примеров классов операторов индекса SP-GiST, перечисленных в Таблице 65.1. Код их реализации вы можете найти в `src/backend/access/spgist/` и `src/backend/utils/adt/`.

Глава 66. Индексы GIN

66.1. Введение

GIN расшифровывается как «Generalized Inverted Index» (Обобщённый инвертированный индекс). GIN предназначается для случаев, когда индексируемые значения являются составными, а запросы, на обработку которых рассчитан индекс, ищут значения элементов в этих составных объектах. Например, такими объектами могут быть документы, а запросы могут выполнять поиск документов, содержащих определённые слова.

Здесь мы используем термин *объект*, говоря о составном значении, которое индексируется, и термин *ключ*, говоря о включённом в него элементе. GIN всегда хранит и ищет ключи, а не объекты как таковые.

Индекс GIN сохраняет набор пар (ключ, список идентификаторов), где *список идентификаторов* содержит идентификаторы строк, в которых находится ключ. Один и тот же идентификатор строки может фигурировать в нескольких списках, так как объект может содержать больше одного ключа. Значение каждого ключа хранится только один раз, так что индекс GIN очень компактен в случаях, когда один ключ встречается много раз.

GIN является обобщённым в том смысле, что код метода доступа GIN не должен знать о конкретных операциях, которые он ускоряет. Вместо этого задаются специальные стратегии для конкретных типов данных. Стратегия определяет, как извлекаются ключи из индексируемых объектов и условий запросов, и как установить, действительно ли удовлетворяет запросу строка, содержащая некоторые значения ключей.

Ключевым преимуществом GIN является то, что он позволяет разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД. В этом аспекте он похож на GiST.

Сопровождением реализации GIN в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов. Дополнительные сведения о GIN можно получить на их *сайте*.

66.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные в Таблице 66.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GIN.)

Таблица 66.1. Встроенные классы операторов GIN

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
array_ops	anyarray	&& <@ = @>
jsonb_ops	jsonb	? ?& ?| @> @? @@
jsonb_path_ops	jsonb	@> @? @@
tsvector_ops	tsvector	@@ @@@

Из двух классов операторов для типа `jsonb` классом по умолчанию является `jsonb_ops`. Класс `jsonb_path_ops` поддерживает меньше операторов, но обеспечивает для них большую производительность. За подробностями обратитесь к Подразделу 8.14.4.

66.3. Расширяемость

Интерфейс GIN характеризуется высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только смысловое наполнение обрабатываемого типа данных.

Уровень GIN берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре дерева.

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа GIN — это реализовать несколько пользовательских методов, определяющих поведение ключей в дереве и отношения между ключами, индексируемыми объектами и поддерживаемыми запросами. Словом, GIN сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов должен предоставить GIN следующие три метода:

`Datum *extractValue(Datum itemValue, int32 *nkeys, bool **nullFlags)`

Возвращает массив ключей (выделенный через palloc) для индексируемого объекта. Число возвращаемых ключей должно записываться в `*nkeys`. Если какой-либо из ключей может быть NULL, нужно так же выделить через palloc массив из `*nkeys` полей `bool`, записать его адрес в `*nullFlags` и установить эти флаги NULL как требуется. В `*nullFlags` можно оставить значение `NULL` (это начальное значение), если все ключи отличны от NULL. Эта функция может возвратить `NULL`, если объект не содержит ключей.

`Datum *extractQuery(Datum query, int32 *nkeys, StrategyNumber n, bool **pmatch, Pointer **extra_data, bool **nullFlags, int32 *searchMode)`

Возвращает массив ключей (выделенный через palloc) для запрашиваемого значения; то есть, в `query` поступает значение, находящееся по правую сторону индексируемого оператора, по левую сторону которого указан индексируемый столбец. Аргумент `n` задаёт номер стратегии оператора в классе операторов (см. Подраздел 37.16.2). Часто функция `extractQuery` должна проанализировать `n`, чтобы определить тип данных аргумента `query` и выбрать метод для извлечения значений ключей. Число возвращаемых ключей должно быть записано в `*nkeys`. Если какие-либо ключи могут быть NULL, нужно так же выделить через palloc массив из `*nkeys` полей `bool`, сохранить его адрес в `*nullFlags`, и установить эти флаги NULL как требуется. В `*nullFlags` можно оставить значение `NULL` (это начальное значение), если все ключи отличны от NULL. Эта функция может возвратить `NULL`, если `query` не содержит ключей.

Выходной аргумент `searchMode` позволяет функции `extractQuery` выбрать режим, в котором должен выполняться поиск. Если `*searchMode` имеет значение `GIN_SEARCH_MODE_DEFAULT` (это значение устанавливается перед вызовом), подходящими кандидатами считаются только те объекты, которые соответствуют минимум одному из возвращённых ключей. Если в `*searchMode` установлено значение `GIN_SEARCH_MODE_INCLUDE_EMPTY`, то в дополнение к объектам с минимум одним совпадением ключа, подходящими кандидатами будут считаться и объекты, вообще не содержащие ключей. (Этот режим полезен для реализации, например, операторов А-является-подмножеством-В.) Если в `*searchMode` установлено значение `GIN_SEARCH_MODE_ALL`, подходящими кандидатами считаются все отличные от NULL объекты в индексе, независимо от того, встречаются ли в них возвращаемые ключи. (Этот режим намного медленнее двух других, так как он по сути требует сканирования всего индекса, но он может быть необходим для корректной обработки крайних случаев. Оператор, который выбирает этот режим в большинстве ситуаций, скорее всего не подходит для реализации в классе операторов GIN.) Символы для этих значений режима определены в `access/gin.h`.

Выходной аргумент `pmatch` используется, когда поддерживается частичное соответствие. Чтобы использовать его, `extractQuery` должна выделить массив из `*nkeys` логических элементов и сохранить его адрес в `*pmatch`. Элемент этого массива должен содержать true, если соответствующий ключ требует частичного соответствия, и false в противном случае. Если переменная `*pmatch` содержит `NULL`, GIN полагает, что частичное соответствие не требуется. В эту переменную записывается `NULL` перед вызовом, так что этот аргумент можно просто игнорировать в классах операторов, не поддерживающих частичное соответствие.

Выходной аргумент `extra_data` позволяет функции `extractQuery` передать дополнительные данные методам `consistent` и `comparePartial`. Чтобы использовать его, `extractQuery` должна выделить массив из `*nkeys` указателей и сохранить его адрес в `*extra_data`, а затем сохранить всё, что ей требуется, в отдельных указателях. В эту переменную записывается `NULL` перед вызовом, поэтому данный аргумент может просто игнорироваться классами операторов, которым не нужны дополнительные данные. Если массив `*extra_data` задан, он целиком передаётся в метод `consistent`, а в `comparePartial` передаётся соответствующий его элемент.

Класс операторов должен также предоставить функцию для проверки, соответствует ли индексированный объект запросу. Поддерживаются две её вариации: булева `consistent` и троичная `triConsistent`. Функция `triConsistent` покрывает функциональность обоих, так что достаточно реализовать только её. Однако если вычисление булевой вариации оказывается значительно дешевле, может иметь смысл реализовать их обе. Если представлена только булева вариация, некоторые оптимизации, построенные на отбраковывании объектов до выборки всех ключей, отключаются.

`bool consistent(bool check[], StrategyNumber n, Datum query, int32 nkeys, Pointer extra_data[], bool *recheck, Datum queryKeys[], bool nullFlags[])`

Возвращает true, если индексированный объект удовлетворяет оператору запроса с номером стратегии `n` (или потенциально удовлетворяет, когда возвращается указание перепроверки). Эта функция не имеет прямого доступа к значению индексированного объекта, так как GIN не хранит сами объекты. Вместо этого, она знает о значениях ключей, извлечённых из запроса и встречающихся в данном индексированном объекте. Массив `check` имеет длину `nkeys`, что равняется числу ключей, ранее возвращённых функцией `extractQuery` для данного значения `query`. Элемент массива `check` равняется true, если индексированный объект содержит соответствующий ключ запроса; то есть, если (check[i] == true), то i-ый ключ в массиве результата `extractQuery` присутствует в индексированном объекте. Исходное значение `query` передаётся на случай, если оно потребуется методу `consistent`; с той же целью ему передаются массивы `queryKeys[]` и `nullFlags[]`, ранее возвращённые функцией `extractQuery`. В аргументе `extra_data` передаётся массив дополнительных данных, возвращённый функцией `extractQuery`, или `NULL`, если дополнительных данных нет.

Когда `extractQuery` возвращает ключ NULL в `queryKeys[]`, соответствующий элемент `check[]` содержит true, если индексированный объект содержит ключ NULL; то есть можно считать, что элементы `check[]` отражают условие `IS NOT DISTINCT FROM`. Функция `consistent` может проверить соответствующий элемент `nullFlags[]`, если ей нужно различать соответствие с обычным значением и соответствие с NULL.

В случае успеха в `*recheck` нужно записать true, если кортеж данных нужно перепроверить с оператором запроса, либо false, если проверка по индексу была точной. То есть результат false гарантирует, что кортеж данных не соответствует запросу; результат true со значением `*recheck`, равным false, гарантирует, что кортеж данных соответствует запросу; а результат true со значением `*recheck`, равным true, означает, что кортеж данных может соответствовать запросу, поэтому его нужно выбрать и перепроверить, применив оператор запроса непосредственно к исходному индексированному элементу.

`GinTernaryValue triConsistent(GinTernaryValue check[], StrategyNumber n, Datum query, int32 nkeys, Pointer extra_data[], Datum queryKeys[], bool nullFlags[])`

Функция `triConsistent` подобна `consistent`, но вместо булевых значений в векторе `check` ей передаются три варианта сравнений для каждого ключа: `GIN_TRUE`, `GIN_FALSE` и `GIN_MAYBE`. `GIN_FALSE` и `GIN_TRUE` имеют обычное логическое значение, тогда как `GIN_MAYBE` означает, что присутствие ключа неизвестно. Когда присутствуют значения `GIN_MAYBE`, функция должна возвращать `GIN_TRUE`, только если объект удовлетворяет запросу независимо от того, содержит ли индекс соответствующие ключи запроса. Подобным образом, функция должна возвращать `GIN_FALSE`, только если объект не удовлетворяет запросу независимо от того, содержит ли он ключи `GIN_MAYBE`. Если результат зависит от элементов `GIN_MAYBE`, то есть соответствие нельзя утверждать или отрицать в зависимости от известных ключей запроса, функция должна вернуть `GIN_MAYBE`.

Когда в векторе `check` нет элементов `GIN_MAYBE`, возвращаемое значение `GIN_MAYBE` равнозначно установленному флагу `recheck` в булевой функции `consistent`.

Кроме того, GIN нужно каким-то образом сортировать значения ключа, хранящиеся в индексе. Класс операторов может определить порядок сортировки, указав метод сравнения:

`int compare(Datum a, Datum b)`

Сравнивает два ключа (не индексированные объекты!) и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго. Ключи NULL никогда не передаются этой функции.

Если же класс операторов не определяет метод `compare`, GIN попытается найти класс операторов B-дерева по умолчанию для типа данных ключа индекса и воспользоваться его функцией сравнения. Если класс операторов GIN предназначен только для одного типа данных, рекомендуется задавать функцию сравнения в этом классе операторов, так как поиск класса операторов B-дерева занимает несколько циклов. Однако для полиморфных классов операторов GIN (например, `array_ops`) задать одну функцию сравнения обычно не представляется возможным.

Дополнительно класс операторов для GIN может предоставить следующие методы:

`int comparePartial(Datum partial_key, Datum key, StrategyNumber n, Pointer extra_data)`

Сравнивает ключ запроса с частичным соответствием с ключом индекса. Возвращает целое число, знак которого отражает результат сравнения: отрицательное число означает, что ключ индекса не соответствует запросу, но нужно продолжать сканирование индекса; ноль означает, что ключ индекса соответствует запросу; положительное число означает, что сканирование индекса нужно прекратить, так как других соответствий не будет. Функции передаётся номер стратегии `n` оператора, сформировавшего запрос частичного соответствия, на случай, если нужно знать его смысл, чтобы определить, когда прекращать сканирование. Кроме того, ей передаётся `extra_data` — соответствующий элемент массива дополнительных данных, сформированного функцией `extractQuery`, либо `NULL`, если дополнительных данных нет. Значения NULL этой функции никогда не передаются.

`void options(local_relopts *relopts)`

Определяет набор видимых пользователю параметров, управляющих поведением класса операторов.

Функции `options` передаётся указатель на структуру *`local_relopts`*, в которую нужно внести набор параметров, относящихся к классу операторов. Обращаться к этим параметрам из других опорных функций можно с помощью макросов `PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS()` и `PG_GET_OPCLASS_OPTIONS()`.

Так как в GIN и извлечение ключа из индексируемых значений, и его представление допускают гибкость, могут быть полезны параметры для настройки этого индекса.

Для поддержки проверок на «частичное соответствие» класс операторов должен предоставить метод `comparePartial`, а метод `extractQuery` должен устанавливать параметр `pmatch`, когда встречается запрос на частичное соответствие. За подробностями обратитесь к Подразделу 66.4.2.

Фактические типы данных различных значений `Datum`, упоминаемых выше, зависят от класса операторов. Значения объектов, передаваемые в `extractValue`, всегда имеют входной тип класса операторов, а все значения ключей должны быть типа, заданного параметром `STORAGE` для класса. Типом аргумента `query`, передаваемого функциям `extractQuery`, `consistent` и `triConsistent`, будет тот тип, что указан в качестве типа правого операнда оператора-члена класса, определяемого по номеру стратегии. Это не обязательно должен быть индексируемый тип, достаточно лишь, чтобы из него можно было извлечь значения ключей, имеющие нужный тип. Однако рекомендуется, чтобы в SQL-объявлениях этих трёх опорных функций для аргумента `query` назначался индексируемый тип класса операторов, даже несмотря на то, что фактический тип может быть другим, в зависимости от оператора.

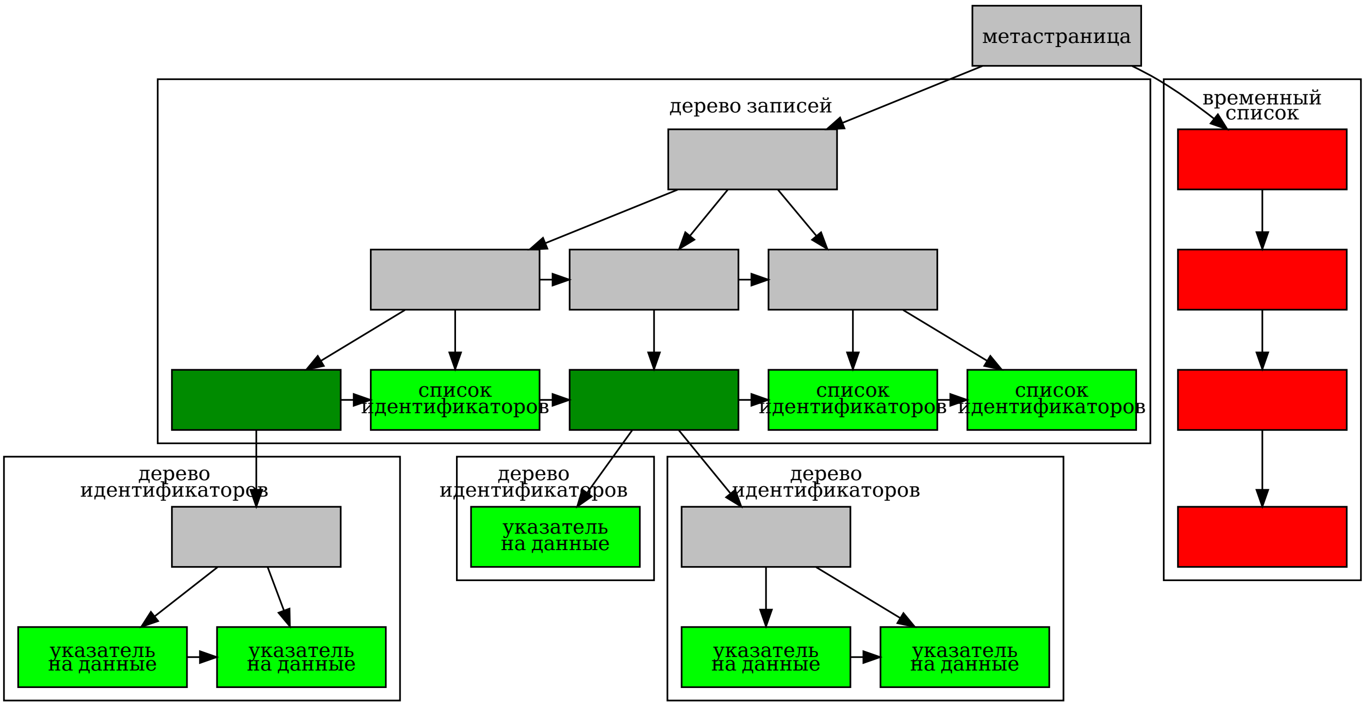
66.4. Реализация

Внутри индекс GIN содержит B-дерево, построенное по ключам, где каждый ключ является элементом одного или нескольких индексированных объектов (например, членом массива) и где каждый кортеж на страницах листьев содержит либо указатель на B-дерево указателей на данные («дерево идентификаторов»), либо простой список указателей на данные («список идентификаторов»), когда этот список достаточно мал, чтобы уместиться в одном кортеже индекса вместе со значением ключа. Эти компоненты GIN-индекса показаны на Рисунке 66.1.

Начиная с PostgreSQL версии 9.1, в индекс могут быть включены значения ключей, равные NULL. Кроме того, в индекс вставляются NULL для индексируемых объектов, равных NULL или не содержащих ключей, согласно функции `extractValue`. Это позволяет находить при поиске пустые объекты, когда они должны быть найдены.

Составные индексы GIN реализуются в виде одного B-дерева по составным значениям (номер столбца, значение ключа). Значения ключей для различных столбцов могут быть разных типов.

Рисунок 66.1. Внутреннее устройство GIN



66.4.1. Методика быстрого обновления GIN

Природа инвертированного индекса такова, что обновление GIN обычно медленная операция: при добавлении или изменении одной строки данных может потребоваться выполнить множество добавлений записей в индекс (для каждого ключа, извлечённого из индексируемого объекта). Начиная с PostgreSQL 8.4, GIN может отложить большой объём этой работы, вставляя новые кортежи во временный несортированный список записей, ожидающих индексации. Когда таблица очищается, автоматически анализируется, вызывается функция `gin_clean_pending_list` или размер этого временного списка становится больше чем gin_pending_list_limit, записи переносятся в основную структуру данных GIN теми же методами массового добавления данных, что и при начальном создании индекса. Это значительно увеличивает скорость обновления индекса GIN, даже с учётом дополнительных издержек при очистке. К тому же эту дополнительную работу можно выполнить в фоновом процессе, а не в процессе, непосредственно выполняющем запросы.

Основной недостаток такого подхода состоит в том, что при поиске необходимо не только проверить обычный индекс, но и просканировать список ожидающих записей, так что если этот список большой, поиск значительно замедляется. Ещё один недостаток состоит в том, что хотя в основном изменения производятся быстро, изменение, при котором этот список оказывается «слишком большим», влечёт необходимость немедленной очистки и поэтому выполняется гораздо дольше остальных изменений. Минимизировать эти недостатки можно, правильно организовав автоочистку.

Если выдержанность времени операций важнее скорости обновления, применение списка ожидающих записей можно отключить, выключив параметр хранения `fastupdate` для индекса GIN. За подробностями обратитесь к CREATE INDEX.

66.4.2. Алгоритм частичного соответствия

GIN может поддерживать проверки «частичного соответствия», когда запрос выявляет не точное соответствие одному или нескольким ключам, а возможные соответствия, попадающие в достаточно узкий диапазон значений ключей (при порядке сортировки ключей, определённым опорным методом `compare`). В этом случае метод `extractQuery` возвращает не значение ключа, которое должно соответствовать точно, а значение, определяющее нижнюю границу искомого диапазона, и устанавливает флаг `pmatch`. Затем диапазон ключей сканируется методом `comparePartial`. Метод `comparePartial` должен вернуть ноль при соответствии ключа индекса, отрицательное значение, если соответствия нет, но нужно продолжать проверку диапазона, и положительное значение, если ключ индекса оказался за искомым диапазоном.

66.5. Приёмы и советы по применению GIN

Создание или добавление

Добавление объектов в индекс GIN может выполняться медленно, так как для каждого объекта скорее всего потребуется добавлять множество ключей. Поэтому при массовом добавлении данных в таблицу рекомендуется удалить индекс GIN и пересоздать его по окончании добавления.

Начиная с PostgreSQL 8.4, этот совет менее актуален, так как выполнение индексации может быть отложенным (подробнее об этом в Подразделе 66.4.1). Но при очень большом объёме изменений может быть лучше всё-таки удалить и пересоздать индекс.

maintenance_work_mem

Время построения индекса GIN очень сильно зависит от параметра `maintenance_work_mem`; не стоит экономить на рабочей памяти при создании индекса.

gin_pending_list_limit

В процессе последовательных добавлений в существующий индекс GIN с включённым режимом `fastupdate`, система будет очищать список ожидающих индексации записей, когда его размер будет превышать `gin_pending_list_limit`. Во избежание значительных колебаний конечного времени ответа имеет смысл проводить очистку этого списка в фоновом режиме (то есть, применяя автоочистку). Избежать операций очистки на переднем плане можно, увеличив `gin_pending_list_limit` или проводя автоочистку более активно. Однако если вследствие увеличения порога операции очистки запустится очистка на переднем плане, она будет выполняться ещё дольше.

Значение `gin_pending_list_limit` можно переопределить для отдельных индексов GIN, изменив их параметры хранения, что позволяет задавать для каждого индекса GIN свой порог очистки. Например, можно увеличить порог только для часто обновляемых индексов GIN и оставить его низким для остальных.

gin_fuzzy_search_limit

Основной целью разработки индексов GIN было обеспечить поддержку хорошо расширяемого полнотекстового поиска в PostgreSQL, а при полнотекстовом поиске нередко возникают ситуации, когда возвращается очень большой набор результатов. Однако чаще всего так происходит, когда запрос содержит очень часто встречающиеся слова, так что полученный результат всё равно оказывается бесполезным. Так как чтение множества записей с диска и последующая сортировка их может занять много времени, это неприемлемо в производственных условиях. (Заметьте, что поиск по индексу при этом выполняется очень быстро.)

Для управляемого выполнения таких запросов в GIN введено настраиваемое мягкое ограничение сверху для числа возвращаемых строк: конфигурационный параметр gin_fuzzy_search_limit. По умолчанию он равен 0 (то есть ограничение отсутствует). Если он имеет ненулевое значение, возвращаемый набор строк будет случайно выбранным подмножеством всего набора результатов.

«Мягким» оно называется потому, что фактическое число возвращаемых строк может несколько отличаться от заданного значения, в зависимости от запроса и качества системного генератора случайных чисел.

Из практики, со значениями в несколько тысяч (например, 5000 — 20000) получаются приемлемые результаты.

66.6. Ограничения

GIN полагает, что индексируемые операторы являются строгими. Это означает, что функция extractValue вовсе не будет вызываться для значений NULL (вместо этого будет автоматически создаваться пустая запись в индексе), так же как и extractQuery не будет вызываться с искомым значением NULL (при этом сразу предполагается, что запрос не удовлетворяется). Заметьте однако, что при этом поддерживаются ключи NULL, содержащиеся в составных объектах или искомых значениях.

66.7. Примеры

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные ранее в Таблице 66.1. Также классы операторов GIN содержатся в следующих модулях contrib:

btree_gin

Функциональность B-дерева для различных типов данных

hstore

Модуль для хранения пар (ключ, значение)

intarray

Расширенная поддержка int[]

pg_trgm

Схожесть текста на основе статистики триграмм

Глава 67. Индексы BRIN

67.1. Введение

BRIN расшифровывается как «Block Range Index» (Индекс зон блоков). BRIN предназначается для обработки очень больших таблиц, в которых определённые столбцы некоторым естественным образом коррелируют с их физическим расположением в таблице.

В BRIN используется понятие *зоны блоков* (или «зоны страниц»). *Зоной блоков* называется группа страниц, физически расположенных в таблице рядом; для каждой зоны в индексе сохраняется некоторая сводная информация. Например, в таблице заказов магазина может содержаться поле с датой добавления заказа, и практически всегда записи более ранних заказов и в таблице будут размещены ближе к началу; в таблице, содержащей столбец с почтовым индексом, также естественным образом могут группироваться записи по городам.

Индексы BRIN могут удовлетворять запросы, выполняя обычное сканирование по битовой карте, и будут возвращать все кортежи во всех страницах каждой зоны, если сводные данные, сохранённые в индексе, *соответствуют* условиям запроса. Исполнитель запроса должен перепроверить эти кортежи и отбросить те, что не соответствуют условиям запроса — другими словами, эти индексы неточные. Так как индекс BRIN очень маленький, сканирование индекса влечёт мизерные издержки по сравнению с последовательным сканированием, но может избавить от необходимости сканирования больших областей таблицы, которые определённо не содержат подходящие кортежи.

Конкретные данные, которые будут хранится в индексе BRIN, а также запросы, которые сможет поддержать этот индекс, зависят от класса операторов, выбранного для каждого столбца индекса. Например, типы данных с линейным порядком сортировки могут иметь классы операторов, хранящие минимальное и максимальное значение для каждой зоны блоков; для геометрических типов может храниться прямоугольник, вмещающий все объекты в зоне блоков.

Размер зоны блоков определяется в момент создания индекса параметром хранения `pages_per_range`. Число записей в индексе будет равняться размеру отношения в страницах, делённому на установленное значение `pages_per_range`. Таким образом, чем меньше это число, тем больше становится индекс (так как в нём требуется хранить больше элементов), но в то же время сводные данные могут быть более точными и большее число блоков данных может быть пропущено при сканировании индекса.

67.1.1. Обслуживание индекса

Во время создания индекса сканируются все существующие страницы, и в результате в индексе создаётся сводный кортеж для каждой зоны, в том числе, возможно неполной зоны в конце. По мере того, как данными наполняются новые страницы, если они оказываются в зонах, для которых уже есть сводная информация, она будет обновлена с учётом данных из новых кортежей. Если же создаётся новая страница, не попадающая в последнюю зону, для зоны, в которую попадает новая страница, сводная запись не рассчитывается автоматически; кортежи на таких страницах остаются неучтёнными, пока не будет проведён начальный расчёт сводных данных для этой зоны.

Начальный расчёт сводки для зоны страниц может производиться несколькими способами. Во-первых, сводка рассчитывается в ходе процедуры VACUUM, запущенной вручную или из процесса autovacuum, для всех существующих зон. Во-вторых, если включён параметр autosummarize для индекса (по умолчанию он отключён), при автоочистке этой базы данных производится расчёт сводки для всех зон без сводной информации, охватывающих недавно заполненные страницы таблицы, независимо от того, выполняется ли автоочистка именно этой таблицы; подробнее см. ниже.

Наконец, можно использовать следующие функции:

`brin_summarize_new_values(regclass)` , рассчитывающую сводку для зон без сводных данных; `brin_summarize_range(regclass, bigint)` , рассчитывающую сводку для зоны без сводных данных, содержащей указанную страницу.

Когда включён режим автопересчёта сводки, при первом добавлении данных в первую страницу новой зоны процессу `autovacuum` передаётся запрос на расчёт сводки для этой зоны. Этот запрос будет выполнен при следующей обработке этой базы рабочим процессом автоочистки. Если очередь запросов переполнена, запрос в неё не записывается и в журнал сервера выводится соответствующее сообщение:

```
LOG:  request for BRIN range summarization for index "brin_wi_idx" page 128 was not
 recorded
```

В этом случае зона останется без сводного значения, а чтобы его рассчитать, нужно вручную выполнить очистку этой таблицы или вызвать одну из вышеуказанных функций.

И наоборот, можно удалить сводное значение для зоны, вызвав функцию `brin_desummarize_range(regclass, bigint)`, что может быть полезно, когда этот кортеж в индексе становится не очень хорошим представлением соответствующих данных, так как они изменились. За дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 9.27.8.

67.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов BRIN, перечисленные в Таблице 67.1.

Классы операторов *minmax* хранят минимальные и максимальные значения, встречающиеся в индексированном столбце в определённой зоне. Классы операторов *inclusion* хранят значение, в котором содержатся значения индексированного столбца в определённой зоне.

Таблица 67.1. Встроенные классы операторов BRIN

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
`int8_minmax_ops`	`bigint`	`< <= = >= >`
`bit_minmax_ops`	`bit`	`< <= = >= >`
`varbit_minmax_ops`	`bit varying`	`< <= = >= >`
`box_inclusion_ops`	`box`	`<< &< && &> >> ~= @> <@ &<| <<| |>> |&>`
`bytea_minmax_ops`	`bytea`	`< <= = >= >`
`bpchar_minmax_ops`	`character`	`< <= = >= >`
`char_minmax_ops`	`"char"`	`< <= = >= >`
`date_minmax_ops`	`date`	`< <= = >= >`
`float8_minmax_ops`	`double precision`	`< <= = >= >`
`inet_minmax_ops`	`inet`	`< <= = >= >`
`network_inclusion_ops`	`inet`	`&& >>= <<= = >> <<`
`int4_minmax_ops`	`integer`	`< <= = >= >`
`interval_minmax_ops`	`interval`	`< <= = >= >`
`macaddr_minmax_ops`	`macaddr`	`< <= = >= >`
`macaddr8_minmax_ops`	`macaddr8`	`< <= = >= >`
`name_minmax_ops`	`name`	`< <= = >= >`
`numeric_minmax_ops`	`numeric`	`< <= = >= >`
`pg_lsn_minmax_ops`	`pg_lsn`	`< <= = >= >`
`oid_minmax_ops`	`oid`	`< <= = >= >`

Имя	**Индексируемый тип данных**	**Индексируемые операторы**
range_inclusion_ops	любой тип диапазона	<< &< && &> >> @> <@ -|- = < <= = > >=
float4_minmax_ops	real	< <= = >= >
int2_minmax_ops	smallint	< <= = >= >
text_minmax_ops	text	< <= = >= >
tid_minmax_ops	tid	< <= = >= >
timestamp_minmax_ops	timestamp without time zone	< <= = >= >
timestamptz_minmax_ops	timestamp with time zone	< <= = >= >
time_minmax_ops	time without time zone	< <= = >= >
timetz_minmax_ops	time with time zone	< <= = >= >
uuid_minmax_ops	uuid	< <= = >= >

67.3. Расширяемость

Интерфейс BRIN характеризуется высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только смысловое наполнение обрабатываемого типа данных. Уровень BRIN берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре индекса.

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа BRIN — это реализовать несколько пользовательских методов, определяющих поведение сводных значений, хранящихся в индексе, и их взаимоотношения с ключами сканирования. Словом, BRIN сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов для BRIN должен предоставлять четыре метода:

`BrinOpcInfo *opcInfo(Oid type_oid)`

Возвращает внутреннюю информацию о сводных данных индексированных столбцов. Возвращаемое значение должно указывать на `BrinOpcInfo` (в памяти palloc) со следующим определением:

```
typedef struct BrinOpcInfo
{
    /* Число полей, хранящихся в столбце индекса этого класса операторов */
    uint16      oi_nstored;

    /* Непрозрачный указатель для внутреннего использования классом операторов */
    void       *oi_opaque;

    /* Элементы кеша типов для сохранённых столбцов */
    TypeCacheEntry *oi_typcache[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER];
} BrinOpcInfo;
```

Поле `BrinOpcInfo.oi_opaque` могут использовать подпрограммы класса операторов для передачи информации опорным функциям при сканировании индекса.

`bool consistent(BrinDesc *bdesc, BrinValues *column, ScanKey key)`

Показывает, соответствует ли значение ScanKey заданным индексированным значениям некоторой зоны. Номер целевого атрибута передаётся в составе ключа сканирования.

`bool addValue(BrinDesc *bdesc, BrinValues *column, Datum newval, bool isnull)`

Для заданного кортежа индекса и индексируемого значения изменяет выбранный атрибут кортежа, чтобы он дополнительно охватывал новое значение. Если в кортеж вносятся какие-либо изменения, возвращается `true`.

`bool unionTuples(BrinDesc *bdesc, BrinValues *a, BrinValues *b)`

Консолидирует два кортежа индекса. Получая два кортежа, изменяет выбранный атрибут первого из них, что он охватывал оба кортежа. Второй кортеж не изменяется.

Дополнительно класс операторов для BRIN может предоставить следующий метод:

`void options(local_relopts *relopts)`

Определяет набор видимых пользователю параметров, управляющих поведением класса операторов.

Функции `options` передаётся указатель на структуру *`local_relopts`*, в которую нужно внести набор параметров, относящихся к классу операторов. Обращаться к этим параметрам из других опорных функций можно с помощью макросов `PG_HAS_OPCLASS_OPTIONS()` и `PG_GET_OPCLASS_OPTIONS()`.

Так как в BRIN и извлечение ключа из индексируемых значений, и его представление допускают гибкость, могут быть полезны параметры для настройки этого индекса.

Основной дистрибутив включает поддержку двух типов классов операторов: minmax и inclusion. Определения классов операторов, использующие их, представлены для встроенных типов данных, насколько это уместно. Пользователь может определить дополнительные классы операторов для других типов данных, применяя аналогичные определения, и обойтись таким образом без написания кода; достаточно будет объявить нужные записи в каталоге. Заметьте, что предположения о семантике стратегий операторов зашиты в исходном коде опорных функций.

Также возможно создать классы операторов, воплощающие полностью другую семантику, разработав реализации четырёх основных опорных функций, описанных выше. Заметьте, что обратная совместимость между разными основными версиями не гарантируется: к примеру, в следующих выпусках могут потребоваться дополнительные опорные функции.

При написании класса операторов для типа данных, представляющего полностью упорядоченное множество, можно использовать опорные функции minmax вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 67.2. Все члены класса операторов (функции и операторы) являются обязательными.

Таблица 67.2. Номера стратегий и опорных функций для классов операторов minmax

Член класса операторов	Объект
Опорная функция 1	внутренняя функция `brin_minmax_opcinfo()`
Опорная функция 2	внутренняя функция `brin_minmax_add_value()`
Опорная функция 3	внутренняя функция `brin_minmax_consistent()`
Опорная функция 4	внутренняя функция `brin_minmax_union()`
Стратегия оператора 1	оператор меньше
Стратегия оператора 2	оператор меньше-или-равно
Стратегия оператора 3	оператор равно
Стратегия оператора 4	оператор больше-или-равно
Стратегия оператора 5	оператор больше

При написании класса операторов для сложного типа данных, значения которого включаются в другой тип, можно использовать опорные функции inclusion вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 67.3. Для этого требуется одна дополнительная функция, которую можно написать на любом языке. Для расширенной функциональности можно определить другие функции. Все операторы являются необязательными. Некоторые из них требует наличия других, что показано в таблице как зависимости.

Таблица 67.3. Номера стратегий и опорных функций для классов операторов inclusion

Член класса операторов	**Объект**	**Зависимость**
Опорная функция 1	внутренняя функция `brin_inclusion_opcinfo()`	
Опорная функция 2	внутренняя функция `brin_inclusion_add_value()`	
Опорная функция 3	внутренняя функция `brin_inclusion_consistent()`	
Опорная функция 4	внутренняя функция `brin_inclusion_union()`	
Опорная функция 11	функция для слияния двух элементов	
Опорная функция 12	необязательная функция для проверки возможности слияния двух элементов	
Опорная функция 13	необязательная функция для проверки, содержится ли один элемент в другом	
Опорная функция 14	необязательная функция для проверки, является ли элемент пустым	
Стратегия оператора 1	оператор левее	Стратегия оператора 4
Стратегия оператора 2	оператор не-простирается-правее	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 3	оператор перекрывается	
Стратегия оператора 4	оператор не-простирается-левее	Стратегия оператора 1
Стратегия оператора 5	оператор правее	Стратегия оператора 2
Стратегия оператора 6, 18	оператор то-же-или-равно	Стратегия оператора 7
Стратегия оператора 7, 13, 16, 24, 25	оператор содержит-или-равно	
Стратегия оператора 8, 14, 26, 27	оператор содержится-в-или-равно	Стратегия оператора 3
Стратегия оператора 9	оператор не-простирается-выше	Стратегия оператора 11
Стратегия оператора 10	оператор ниже	Стратегия оператора 12
Стратегия оператора 11	оператор выше	Стратегия оператора 9
Стратегия оператора 12	оператор не-простирается-ниже	Стратегия оператора 10
Стратегия оператора 20	оператор меньше	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 21	оператор меньше-или-равно	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 22	оператор больше	Стратегия оператора 1
Стратегия оператора 23	оператор больше-или-равно	Стратегия оператора 1

Номера опорных функций от 1 до 10 зарезервированы для внутренних функций BRIN, так что функции уровня SQL начинаются с номера 11. Опорная функция номер 11 является основной, необходимой для построения индекса. Она должна принимать два аргумента того же типа данных, что и целевой тип класса, и возвращать их объединение. Класс операторов inclusion может сохранять значения объединения в различных типах данных, в зависимости от параметра `STORAGE`. Возвращаемое функцией объединения значение должно соответствовать типу данных `STORAGE`.

Опорные функции под номерами 12 и 14 предоставляются для поддержки нерегулярностей встроенных типов данных. Функция номер 12 применяется для поддержки работы с сетевыми адресами из различных семейств, которые нельзя объединять. Функция номер 14 применяется для поддержки зон с пустыми значениями. Функция номер 13 является необязательной, но рекомендуемой; она проверяет новое значение, прежде чем оно будет передано функции объединения. Инфраструктура BRIN может соптимизировать некоторые операции, когда объединение не меняется, поэтому применение этой функции может способствовать увеличению быстродействия индекса.

Классы операторов minmax и inclusion поддерживают межтиповые операторы, хотя с ними зависимости становятся более сложными. Класс minmax требует, чтобы для двух аргументов одного типа определялся полный набор операторов. Это позволяет поддерживать дополнительные типы данных, определяя дополнительные наборы операторов. Стратегии операторов класса inclusion могут зависеть от других стратегий, как показано в Таблице 67.3, или от своих собственных стратегий. Для них требуется, чтобы был определён необходимый оператор с типом данных `STORAGE` для левого аргумента и другим поддерживаемым типом для правого аргумента реализуемого оператора. См. определение `float4_minmax_ops` в качестве примера для minmax и `box_inclusion_ops` в качестве примера для inclusion.

Глава 68. Хеш-индексы

68.1. Обзор

PostgreSQL поддерживает реализацию хеш-индексов, которые хранятся на диске и могут полностью восстанавливаться после сбоя. Хеш-индекс может быть построен по данным любого типа, в том числе типа, для которого не определён линейный порядок. Хеш-индексы хранят только хеш-значение индексируемых данных, поэтому размер индексируемого столбца данных неограничен.

Хеш-индексы могут строиться только по одному столбцу и не позволяют проверять уникальность.

Хеш-индексы поддерживают только оператор =, поэтому для предложений WHERE, в которых фигурируют проверки интервалов, хеш-индексы будут бесполезны.

Каждый кортеж хеш-индекса хранит только 4-байтовое хеш-значение, а не фактическое значение столбца. В результате хеш-индексы могут быть намного меньше, чем B-деревья, при индексировании более длинных элементов данных, таких как UUID, URL-адреса и т. д. Поскольку значения столбцов в хеш-индексе отсутствуют, при его сканировании результаты будут неточными. Хеш-индексы могут участвовать в сканировании индекса по битовой карте и обратном сканировании.

Хеш-индексы предназначены в первую очередь для нагрузки с большим количеством операций SELECT и UPDATE, которые выполняют сканирование с проверкой равенства для больших таблиц. В индексе-B-дереве поиск должен проходить по дереву до тех пор, пока не будет найдена листовая страница. В таблицах с миллионами строк такой «спуск» может увеличить время доступа к данным. Листовым страницам в хеш-индексе соответствуют страницы ячеек. В отличие от индекса-B-дерева хеш-индекс позволяет напрямую обращаться к страницам ячеек, тем самым потенциально сокращая время доступа к индексу в больших таблицах. Это сокращение «логического ввода-вывода» становится ещё более заметным для индексов/данных, которые не умещаются в общих буферах/ОЗУ.

Конструкция хеш-индексов в принципе приспособлена для индексирования данных с неравномерным распределением хешей, однако наиболее эффективен в них прямой доступ к страницам ячеек, осуществляемый при равномерном распределении значений хеша. Когда при добавлении нового значения оказывается, что страница ячеек заполнена, к этой странице привязываются дополнительные страницы переполнения, локально расширяющие хранилище для индексных кортежей, соответствующих этому значению хеша. Затем в ходе выполнения последующих запросов при сканировании ячейки хеша потребуется просканировать все страницы переполнения. Таким образом, несбалансированный хеш-индекс для некоторых данных фактически может оказаться хуже индекса-B-дерева по количеству требуемых обращений к блокам.

Ввиду неэффективности хеш-индексов в случаях переполнения можно сказать, что они лучше всего подходят для уникальных данных, данных с низкой степенью уникальности или данных с небольшим количеством строк в одной ячейке хеша. Один из возможных способов избежать проблем — исключить из индекса значения с низкой степенью уникальности, определив частичный индекс по условию, но такой вариант может подойти далеко не всегда.

Как и B-деревья, хеш-индексы выполняют простое удаление индексных кортежей. Это отложенная операция обслуживания, удаляющая индексные кортежи, о которых известно, что их можно безопасно стереть (то есть те, для идентификаторов которых установлен бит LP_DEAD). Если при добавлении нового кортежа обнаруживается, что на странице нет свободного места, данная операция пытается предотвратить создание новой страницы переполнения, удаляя мёртвые индексные кортежи (что возможно, только если страница не закреплена). Удаление мёртвых индексных указателей также происходит во время операции VACUUM.

Если возможно, операция VACUUM также попытается уместить индексные кортежи в наименьшем количестве страниц переполнения, минимизируя цепочку переполнения. Если страницы переполнения становятся пустыми, они могут быть переработаны для повторного использования другими ячейками, но они никогда не возвращаются операционной системе. В настоящее время единственная возможность уменьшить размер хеш-индекса — перестроить его командой REINDEX. Также на данный момент невозможно уменьшить количество ячеек.

Хеш-индексы могут расширяться за счёт увеличения количества страниц ячеек по мере увеличения числа индексируемых строк. Сопоставление значения хеша с номером ячейки выбирается таким образом, чтобы индекс мог расширяться последовательно. Когда в индекс нужно будет добавить новую ячейку, «разделить» придётся ровно одну существующую ячейку, при этом некоторые из её кортежей будут перенесены в новую ячейку в соответствии с изменённым сопоставлением.

Это расширение выполняется на переднем плане, и из-за него может увеличиваться время добавления данных для пользователей. Поэтому хеш-индексы могут не подходить для таблиц с быстро увеличивающимся числом строк.

68.2. Реализация

В хеш-индексе есть четыре типа страниц: метастраница (нулевая страница), содержащая статически размещённую управляющую информацию, основные страницы ячеек, страницы переполнения и страницы битовой карты, в которых отслеживаются освободившиеся страницы переполнения, пригодные для повторного использования. Страницы битовой карты для целей адресации рассматриваются как подмножество страниц переполнения.

Как сканирование индекса, так и добавление кортежей требует вычисления ячейки, в которой должен располагаться данный кортеж. Для этого нужно знать количество ячеек и значения `highmask` и `lowmask` из метастраницы; однако для оптимальной производительности нежелательно блокировать и закреплять метастраницу при каждой такой операции. Поэтому в кеше отношений каждого обслуживающего процесса имеется кешированная копия метастраницы. Благодаря этому обеспечивается правильное сопоставление ячеек при условии, что целевая ячейка не была разделена с момента последнего обновления кеша.

Основные страницы ячеек и страницы переполнения выделяются независимо, поскольку для каждого конкретного индекса может потребоваться больше или меньше страниц переполнения относительно количества ячеек в нём. В расчёте хеш-кодов используется интересный набор правил, позволяющий поддерживать переменное количество страниц переполнения, не требуя перемещения основных страниц ячеек после их создания.

Каждая проиндексированная строка в таблице представлена в хеш-индексе одним индексным кортежем. Кортежи хеш-индекса хранятся в страницах ячеек и страницах переполнения (если они есть). Для ускорения поиска элементы индекса размещаются в каждой конкретной странице упорядоченными по хеш-коду, что позволяет использовать в рамках страницы двоичный поиск. Однако заметьте, что никаких предположений об относительном порядке хеш-кодов в разных страницах, относящихся к одной ячейки, делать нельзя.

Алгоритмы разделения ячеек для расширения хеш-индекса слишком сложны, чтобы рассматривать их здесь, но они описаны более подробно в файле `src/backend/access/hash/README`. Алгоритм разделения защищён от сбоев и может быть перезапущен в случае прерывания разделения.

Глава 69. Физическое хранение базы данных

В данной главе рассматривается формат физического хранения, используемый базами данных PostgreSQL.

69.1. Размещение файлов базы данных

В данном разделе описывается формат хранения на уровне файлов и каталогов.

Файлы конфигурации и файлы данных, используемые кластером базы данных, традиционно хранятся вместе в каталоге данных кластера, который обычно называют `PGDATA` (по имени переменной среды, которую можно использовать для его определения). Обычно `PGDATA` находится в `/var/lib/pgsql/data`. На одной и той же машине может находиться множество кластеров, управляемых различными экземплярами сервера.

В каталоге `PGDATA` содержится несколько подкаталогов и управляющих файлов, как показано в Таблице 69.1. В дополнение к этим обязательным элементам конфигурационные файлы кластера `postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и `pg_ident.conf` традиционно хранятся в `PGDATA`, хотя их можно разместить и в другом месте.

Таблица 69.1. Содержание `PGDATA`

Элемент	Описание
`PG_VERSION`	Файл, содержащий номер основной версии PostgreSQL
`base`	Подкаталог, содержащий подкаталоги для каждой базы данных
`current_logfiles`	Файл, в котором отмечается, в какие файлы журналов производит запись сборщик сообщений
`global`	Подкаталог, содержащий общие таблицы кластера, такие как `pg_database`
`pg_commit_ts`	Подкаталог, содержащий данные о времени фиксации транзакций
`pg_dynshmem`	Подкаталог, содержащий файлы, используемые подсистемой динамической разделяемой памяти
`pg_logical`	Подкаталог, содержащий данные о состоянии для логического декодирования
`pg_multixact`	Подкаталог, содержащий данные о состоянии мультитранзакций (используемые для разделяемой блокировки строк)
`pg_notify`	Подкаталог, содержащий данные состояния прослушивания и уведомлений (LISTEN/NOTIFY)
`pg_replslot`	Подкаталог, содержащий данные слота репликации
`pg_serial`	Подкаталог, содержащий информацию о выполненных сериализуемых транзакциях.
`pg_snapshots`	Подкаталог, содержащий экспортированные снимки (snapshots)

Элемент	Описание
pg_stat	Подкаталог, содержащий постоянные файлы для подсистемы статистики.
pg_stat_tmp	Подкаталог, содержащий временные файлы для подсистемы статистики
pg_subtrans	Подкаталог, содержащий данные о состоянии подтранзакций
pg_tblspc	Подкаталог, содержащий символические ссылки на табличные пространства
pg_twophase	Подкаталог, содержащий файлы состояний для подготовленных транзакций
pg_wal	Подкаталог, содержащий файлы WAL (журнал предзаписи)
pg_xact	Подкаталог, содержащий данные о состоянии транзакции
postgresql.auto.conf	Файл, используемый для хранения параметров конфигурации, которые устанавливаются при помощи ALTER SYSTEM
postmaster.opts	Файл, содержащий параметры командной строки, с которыми сервер был запущен в последний раз
postmaster.pid	Файл блокировки, содержащий идентификатор (ID) текущего управляющего процесса (PID), путь к каталогу данных кластера, время запуска управляющего процесса, номер порта, путь к каталогу Unix-сокета (может быть пустым), первый корректный адрес прослушивания (listen_address) (IP-адрес или *, либо пустое значение в случае отсутствия прослушивания по TCP), и ID сегмента разделяемой памяти (этот файл отсутствует после остановки сервера).

Для каждой базы данных в кластере существует подкаталог внутри PGDATA/base, названный по OID базы данных в pg_database. Этот подкаталог по умолчанию является местом хранения файлов базы данных; в частности, там хранятся её системные каталоги.

Обратите внимание, в следующих разделах описывается поведение встроенного табличного метода доступа heap и встроенных индексных методов доступа. Однако PostgreSQL по своей природе является расширяемым, и поэтому другие методы доступа могут работать иначе.

Каждая таблица и индекс хранятся в отдельном файле. Для обычных отношений, эти файлы получают имя по номеру *файлового узла* таблицы или индекса, который содержится в pg_class.relfilenode. Но для временных отношений, имя файла имеет форму t*BBB*_*FFF*, где *BBB* — идентификатор серверного процесса сервера, который создал данный файл, а *FFF* — номер файлового узла. В обоих случаях, помимо главного файла (также называемого основным слоем), у каждой таблицы и индекса есть *карта свободного пространства* (см. Раздел 69.3), в которой хранится информация о свободном пространстве в данном отношении. Имя файла карты свободного пространства образуется из номера файлового узла с суффиксом _fsm. Также таблицы имеют *карту видимости*, хранящуюся в слое с суффиксом _vm, для отслеживания страниц, не содержащих мёртвых записей. Карта видимости подробнее описана в Разделе 69.4. Нежурналируемые таблицы и индексы имеют третий слой, так называемый слой инициализации, имя которого содержит суффикс _init (см. Раздел 69.5).

> **Внимание**
>
> Заметьте, что хотя номер файла таблицы часто совпадает с её OID, так бывает *не* всегда; некоторые операции, например, `TRUNCATE`, `REINDEX`, `CLUSTER` и некоторые формы команды `ALTER TABLE` могут изменить номер файла, но при этом сохранят OID. Не следует рассчитывать, что номер файлового узла и OID таблицы совпадают. Кроме того, для некоторых системных каталогов, включая и `pg_class`, в `pg_class.relfilenode` содержится ноль. Фактический номер файлового узла для них хранится в низкоуровневой структуре данных, и его можно получить при помощи функции `pg_relation_filenode()`.

Когда объём таблицы или индекса превышает 1 GB, они делятся на *сегменты* размером в один гигабайт. Файл первого сегмента называется по номеру файлового узла (filenode); последующие сегменты получают имена filenode.1, filenode.2 и т. д. При такой организации хранения не возникает проблем на платформах, имеющих ограничения по размеру файлов. (На самом деле, 1 ГБ — лишь размер по умолчанию. Размер сегмента можно изменить при сборке PostgreSQL, используя параметр конфигурации `--with-segsize`.) В принципе, карты свободного пространства и карты видимости также могут занимать нескольких сегментов, хотя на практике это маловероятно.

У таблицы, столбцы которой могут содержать данные большого объёма, будет иметься собственная таблица *TOAST*, предназначенная для отдельного хранения значений, которые слишком велики для хранения в строках самой таблицы. Основная таблица связывается с её таблицей TOAST (если таковая имеется) через `pg_class.reltoastrelid`. За подробной информацией обратитесь к Разделу 69.2.

Содержание таблиц и индексов рассматривается ниже (см. Раздел 69.6).

Табличное пространство делает сценарий более сложным. Каждое пользовательское табличное пространство имеет символическую ссылку внутри каталога `PGDATA/pg_tblspc`, указывающую на физический каталог табличного пространства (т. е., положение, указанное в команде табличного пространства `CREATE TABLESPACE`). Эта символическая ссылка получает имя по OID табличного пространства. Внутри физического каталога табличного пространства имеется подкаталог, имя которого зависит от версии сервера PostgreSQL, как например `PG_9.0_201008051`. (Этот подкаталог используется для того, чтобы последующие версии базы данных могли свободно использовать одно и то же местоположение, заданное в `CREATE TABLESPACE`.) Внутри каталога конкретной версии находится подкаталог для каждой базы данных, которая имеет элементы в табличном пространстве, названный по OID базы данных. Таблицы и индексы хранятся внутри этого каталога, используя схему именования файловых узлов. Табличное пространство `pg_default` недоступно через `pg_tblspc`, но соответствует `PGDATA/base`. Подобным же образом, табличное пространство `pg_global` недоступно через `pg_tblspc`, но соответствует `PGDATA/global`.

Функция `pg_relation_filepath()` показывает полный путь (относительно `PGDATA`) для любого отношения. Часто это избавляет от необходимости запоминать многие из приведённых выше правил. Но следует помнить, что эта функция выдаёт лишь имя первого сегмента основного слоя отношения, т. е. возможно, понадобится добавить номер сегмента и/или `_fsm`, `_vm` или `_init`, чтобы найти все файлы, связанные с отношением.

Временные файлы (для таких операций, как сортировка объёма данных большего, чем может уместиться в памяти) создаются внутри `PGDATA/base/pgsql_tmp` или внутри подкаталога `pgsql_tmp` каталога табличного пространства, если для них определено табличное пространство, отличное от `pg_default`. Имя временного файла имеет форму `pgsql_tmpPPP.NNN`, где *PPP* — PID серверного процесса, а *NNN* служит для разделения различных временных файлов этого серверного процесса.

69.2. TOAST

В данном разделе рассматривается TOAST (The Oversized-Attribute Storage Technique, Методика хранения сверхбольших атрибутов).

PostgreSQL использует фиксированный размер страницы (обычно 8 КБ), и не позволяет кортежам занимать несколько страниц. Поэтому непосредственно хранить очень большие значения полей невозможно. Для преодоления этого ограничения большие значения полей сжимаются и/или разбиваются на несколько физических строк. Это происходит незаметно для пользователя и на большую часть кода сервера влияет незначительно. Этот метод известен как TOAST (тост, или «лучшее после изобретения нарезанного хлеба»). Инфраструктура TOAST также применяется для оптимизации обработки больших значений данных в памяти.

Лишь определённые типы данных поддерживают TOAST — нет смысла производить дополнительные действия с типами данных, размер которых не может быть большим. Чтобы поддерживать TOAST, тип данных должен представлять значение переменной длины (*varlena*), в котором первое четырёхбайтовое слово любого хранящегося значения содержит общую длину значения в байтах (включая само это слово). Содержание оставшейся части значения TOAST не ограничивает. Специальные представления, в целом называемые *значениями в формате TOAST*, работают, манипулируя этим начальным словом длины и интерпретируя его по-своему. Таким образом, функции уровня C, работающие с типом данных, поддерживающим TOAST, должны аккуратно обращаться со входными значениями, которые могут быть в формате TOAST: входные данные могут и не содержать четырёхбайтовое слово длины и содержимое после него, пока не будут *распакованы*. (Обычно в таких ситуациях нужно использовать макрос `PG_DETOAST_DATUM` прежде чем что-либо делать с входным значением, но в некоторых случаях возможны и более эффективные подходы. За подробностями обратитесь к Подразделу 37.13.1.)

TOAST занимает два бита слова длины varlena (старшие биты на машинах с порядком байт от старшего к младшему, или младшие биты — при другом порядке байт), таким образом, логический размер любого значения в формате TOAST ограничивается 1 Гигабайтом (2^{30} - 1 байт). Когда оба бита равны нулю, значение является обычным, не в формате TOAST, и оставшиеся биты слова длины задают общий размер элемента данных (включая слово длины) в байтах. Когда установлен старший (или младший, в зависимости от архитектуры) бит, значение имеет однобайтовый заголовок вместо обычного четырёхбайтового, а оставшиеся биты этого байта задают общий размер элемента данных (включая байт длины) в байтах. Этот вариант позволяет экономно хранить значения короче 127 байт и при этом допускает расширение значения этого типа данных до 1 Гбайта при необходимости. Значения с однобайтовыми заголовками не выравниваются по какой-либо определённой границе, тогда как значения с четырёхбайтовыми заголовками выравниваются по границе минимум четырёх байт; это избавление от выравнивания даёт дополнительный выигрыш в объёме, очень ощутимый для коротких значений. В качестве особого случая, если все оставшиеся биты однобайтового заголовка равны нулю (что в принципе невозможно с учётом включения размера длины), значением является указатель на отдельно размещённые данные, с несколькими возможными вариантами, описанными ниже. Тип и размер такого *указателя TOAST* определяется кодом, хранящимся во втором байте значения. Наконец, когда старший (или младший, в зависимости от архитектуры) бит очищен, а соседний бит установлен, содержимое данных хранится в упакованном виде и должно быть распаковано перед использованием. В этом случае оставшиеся биты четырёхбайтового слова длины задают общий размер сжатых, а не исходных данных. Заметьте, что сжатие также возможно и для отделённых данных, но заголовок varlena не говорит, имеет ли оно место — это определяется содержимым, на которое указывает указатель TOAST.

Как уже было сказано, существуют разные варианты использования указателя TOAST. Самый старый и наиболее популярный вариант — когда он указывает на отделённые данные, размещённые в *TOAST-таблице*, которая отделена, но связана с таблицей, содержащей собственно указатель данных TOAST. Такой указатель на данные *на диске* создаётся кодом обработки TOAST (в `access/common/toast_internals.c`), когда кортеж, сохраняемый на диск, оказывается слишком большим. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 69.2.1. Кроме того, указатель TOAST может указывать на отделённые данные, размещённые где-то в памяти. Такие данные обязательно недолговременные и никогда не оказываются на диске, но этот механизм очень полезен для исключения копирования и избыточной обработки данных большого размера. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 69.2.2.

В качестве метода сжатия внутренних и отделённых данных применяется довольно простой и очень быстрый представитель семейства алгоритмов LZ. Подробнее см. `src/common/pg_lzcompress.c`.

69.2.1. Отдельное размещение TOAST на диске

Если какие-либо столбцы таблицы хранятся в формате TOAST, у таблицы будет связанная с ней таблица TOAST, OID которой хранится в значении `pg_class.reltoastrelid` для данной таблицы. Размещаемые на диске TOAST-значения содержатся в таблице TOAST, что подробнее описано ниже.

Отделённые значения делятся на порции (после сжатия, если оно применяется) размером не более `TOAST_MAX_CHUNK_SIZE` байт (по умолчанию это значение выбирается таким образом, чтобы на странице помещались четыре строки порций, то есть размер одной составляет порядка 2000 байт). Каждая порция хранится как отдельная строка в таблице TOAST, принадлежащей исходной таблице-владельцу. Каждая таблица TOAST имеет столбцы `chunk_id` (OID, идентифицирующий конкретное TOAST-значение), `chunk_seq` (последовательный номер для порции внутри значения) и `chunk_data` (фактические данные порции). Уникальный индекс по `chunk_id` и `chunk_seq` обеспечивает быструю выдачу значений. Таким образом, в указателе, представляющем отдельно размещаемое на диске значение TOAST, должно храниться OID таблицы TOAST, к которой нужно обращаться, и OID определённого значения (его `chunk_id`). Для удобства в данных указателя также хранится логический размер элемента данных (исходных данных без сжатия) и фактический размер хранимых данных (отличающийся, если было применено сжатие). Учитывая байты заголовка varlena, общий размер указателя на хранимое на диске значение TOAST составляет 18 байт, независимо от фактического размера собственно значения.

Код обработки TOAST срабатывает, только когда значение строки, которое должно храниться в таблице, по размеру больше, чем `TOAST_TUPLE_THRESHOLD` байт (обычно это 2 Кб). Код TOAST будет сжимать и/или выносить значения поля за пределы таблицы до тех пор, пока значение строки не станет меньше `TOAST_TUPLE_TARGET` байт (переменная величина, так же обычно 2 Кб) или уменьшить объём станет невозможно. Во время операции UPDATE значения неизменённых полей обычно сохраняются как есть, поэтому модификация строки с отдельно хранимыми значениями не несёт издержек, связанных с TOAST, если все такие значения остаются без изменений.

Код обработки TOAST распознаёт четыре различные стратегии хранения столбцов, совместимых с TOAST, на диске:

- `PLAIN` не допускает ни сжатия, ни отдельного хранения. Это единственно возможная стратегия для столбцов типов данных, которые несовместимы с TOAST.
- `EXTENDED` допускает как сжатие, так и отдельное хранение. Это стандартный вариант для большинства типов данных, совместимых с TOAST. Сначала происходит попытка выполнить сжатие, затем — сохранение вне таблицы, если строка всё ещё слишком велика.
- `EXTERNAL` допускает отдельное хранение, но не сжатие. Использование `EXTERNAL` ускорит операции над частями строк в больших столбцах `text` и `bytea` (ценой увеличения объёма памяти для хранения), так как эти операции оптимизированы для извлечения только требуемых частей отделённого значения, когда оно не сжато.
- `MAIN` допускает сжатие, но не отдельное хранение. (Фактически для таких столбцов будет тем не менее применяться отдельное хранение, но лишь как крайняя мера, когда нет другого способа уменьшить строку так, чтобы она помещалась на странице.)

Каждый тип данных, совместимый с TOAST, определяет стандартную стратегию для столбцов этого типа данных, но стратегия для заданного столбца таблицы может быть изменена с помощью `ALTER TABLE ... SET STORAGE`.

`TOAST_TUPLE_TARGET` можно задавать на уровне таблиц с помощью команды `ALTER TABLE ... SET (toast_tuple_target = N)`

Эта схема имеет ряд преимуществ по сравнению с более простым подходом, когда значения строк могут занимать несколько страниц. Если предположить, что обычно запросы характеризуются выполнением сравнения с относительно маленькими значениями ключа, большая часть работы будет выполняться с использованием главной записи строки. Большие значения атрибутов в формате TOAST будут просто передаваться (если будут выбраны) в тот момент, когда результирующий набор отправляется клиенту. Таким образом, главная таблица получается гораздо меньше, и в общий кеш буферов помещается больше её строк, чем их было бы без использования отдельного хранения. Наборы данных для сортировок также уменьшаются, а сортировки чаще будут выполняться исключительно в памяти. Небольшой тест показал, что таблица, содержащая типичные HTML-страницы и их URL после сжатия занимала примерно половину объёма исходных данных, включая таблицу TOAST, и что главная таблица содержала лишь около 10% всех данных (URL и некоторые маленькие HTML-страницы). Время обработки не отличалось от времени, необходимого для обработки таблицы без использования TOAST, в которой размер всех HTML-страниц был уменьшен до 7 Кб, чтобы они уместились в строках.

69.2.2. Отдельное размещение TOAST в памяти

Указатели TOAST могут указывать на данные, размещённые не на диске, а где-либо в памяти текущего серверного процесса. Очевидно, что такие указатели не могут быть долговременными, но они тем не менее полезны. В настоящее время поддерживаются два подварианта: *косвенные* указатели на данные и указатели на *развёрнутые* данные.

Косвенный указатель TOAST просто указывает на значение varlena, хранящееся где-то в памяти. Этот вариант изначально был реализован просто как подтверждение концепции, но в настоящее время он применяется при логическом декодировании, чтобы не приходилось создавать физические кортежи больше одного 1 ГБ (что может потребоваться при консолидации всех отделённых значений полей в одном кортеже). Данный вариант имеет ограниченное применение, так как создатель такого указателя должен полностью понимать, что целевые данные будут существовать, только пока существует указатель, и никакой инфраструктуры для сохранения их нет.

Указатели на развёрнутые данные TOAST полезны для сложных типов, представление которых на диске плохо приспособлено для вычислительных целей. Например, стандартное представление в виде varlena массива PostgreSQL включает информацию о размерности, битовую карту элементов NULL (если они в нём содержатся), а затем значения всех элементов по порядку. Когда элемент сам по себе имеет переменную длину, единственный способ найти *N*-ый элемент — просканировать все предыдущие элементы. Это представление компактно и поэтому подходит для хранения на диске, но для вычислительной обработки массива гораздо удобнее иметь «развёрнутое» или «деконструированное» представление, в котором можно определить начальные адреса всех элементов. Механизм указателей TOAST способствует решению этой задачи, допуская передачу по ссылке элемента Datum как указателя на стандартное значение varlena (представление на диске) или указателя TOAST на развёрнутое представление где-то в памяти. Детали развёрнутого представление определяются самим типом данных, хотя оно может иметь стандартный заголовок и удовлетворять другим требованиям API, описанным в `src/include/utils/expandeddatum.h`. Функции уровня C, работающие с этим типом, могут реализовать поддержку любого из этих представлений. Функции, не знающие о развёрнутом представлении, а просто применяющие `PG_DETOAST_DATUM` к своим входным данным, будут автоматически получать традиционное представление varlena; так что поддержка развёрнутого представления может вводиться постепенно, по одной функции.

Указатели TOAST на развёрнутые значения далее подразделяются на указатели *для чтения/записи* и указатели *только для чтения*. Представление, на которое они указывают, в любом случае одинаковое, но функции, получающей указатель для чтения/записи, разрешается модифицировать целевые данные прямо на месте, тогда как функция, получающая указатель только для чтения, не должна этого делать; если ей нужно получить изменённую версию значения, она должна сначала сделать копию. Это отличие и связанные с ним соглашения позволяют избежать излишнего копирования развёрнутых значений при выполнении запросов.

Для всех типов указателей TOAST на данные в памяти, код обработки TOAST гарантирует, что такие данные не окажутся случайно сохранены на диске. Указатели TOAST в памяти автоматически сворачиваются в обычные значения varlena перед сохранением — а затем могут преобразоваться в указатели TOAST на диске, если без этого не смогут уместиться в содержащем их кортеже.

69.3. Карта свободного пространства

Каждое табличное и индексное отношение, за исключением хеш-индексов, имеет карту свободного пространства (Free Space Map, FSM) для отслеживания доступного места. Она хранится рядом с данными главного отношения в отдельном слое, имя которого образуется номером файлового узла отношения с суффиксом _fsm. Например, если файловый узел отношения — 12345, FSM хранится в файле с именем 12345_fsm в том же каталоге, что и основной файл отношения.

Карта свободного пространства представляет собой дерево страниц FSM. Страницы FSM нижнего уровня хранят информацию о свободном пространстве, доступном на каждой странице таблицы (или индекса), используя один байт для представления каждой такой страницы. Верхние уровни агрегируют информацию нижних уровней.

Внутри каждой страницы FSM имеется двоичное дерево, хранящееся в массиве, где один байт выделяется на каждый узел дерева. Каждый листовой узел представляет страницу таблицы или страницу FSM нижнего уровня. В каждом узле выше листовых хранится наибольшее из значений его узлов-потомков. Поэтому максимальное из значений листовых узлов хранится в корневом узле.

Более подробную информацию о структуре FSM и о том, как выполняется обновление и поиск, вы найдёте в src/backend/storage/freespace/README. Для просмотра информации, хранящейся в картах свободного пространства, можно воспользоваться модулем pg_freespacemap.

69.4. Карта видимости

Каждое отношение таблицы имеет карту видимости (Visibility Map, VM) для отслеживания страниц, содержащих только кортежи, которые видны всем активным транзакциям; в ней также отслеживается, какие страницы содержат только замороженные кортежи. Она хранится вместе с данными главного отношения в отдельном файле, имя которого образуется номером файлового узла отношения с суффиксом _vm. Например, если файловый узел отношения — 12345, VM хранится в файле 12345_vm, в том же самом каталоге, что и основной файл отношения. Заметьте, что индексы не имеют VM.

Карта видимости хранит по два бита на страницу таблицы. Первый бит, если он установлен, показывает, что вся страница видна или, другими словами, не содержит кортежей, которые необходимо очистить. Эта информация может также использоваться при *сканировании только индекса* для поиска ответов только в данных индекса. Установленный второй бит показывает, что все кортежи на этой странице заморожены. Это означает, что процесс очистки для предотвращения зацикливания не должен больше посещать эту страницу.

Карта может отражать реальные данные с запаздыванием в том смысле, что мы уверены, что в случаях, когда установлен бит, известно, что условие верно, но если бит не установлен, оно может быть верным или неверным. Биты карты видимости устанавливаются только при очистке, а сбрасываются при любых операциях, изменяющих данные на странице.

Для изучения информации, хранящейся в карте видимости, можно воспользоваться модулем pg_visibility.

69.5. Слой инициализации

Каждая нежурналируемая таблица, и каждый индекс такой таблицы имеет файл инициализации. Файл инициализации представляет собой пустую таблицу или индекс соответствующего типа. Когда нежурналируемая таблица должна быть заново очищена по причине сбоя, файл инициализации копируется поверх главного файла, а все прочие файлы удаляются (при необходимости они будут автоматически созданы заново).

69.6. Компоновка страницы базы данных

В данном разделе рассматривается формат страницы, используемый в таблицах и индексах PostgreSQL.[1] Последовательности и таблицы TOAST форматируются как обычные таблицы.

В дальнейшем подразумевается, что *байт* содержит 8 бит. В дополнение, термин *элемент* относится к индивидуальному значению данных, которое хранится на странице. В таблице элемент — это строка; в индексе — элемент индекса.

[1] На самом деле этот формат страниц не является обязательным ни для табличных, ни для индексных методов доступа. Его всегда использует табличный метод heap и все существующие индексные методы, но в метастраницах индексов данные обычно компонуются по другим правилам.

Каждая таблица и индекс хранятся как массив *страниц* фиксированного размера (обычно 8 kB, хотя можно выбрать другой размер страницы при компиляции сервера). В таблице все страницы логически эквивалентны, поэтому конкретный элемент (строка) может храниться на любой странице. В индексах первая страница обычно резервируется как *метастраница*, хранящая контрольную информацию, а внутри индекса могут быть разные типы страниц, в зависимости от метода доступа индекса.

Таблица 69.2 показывает общую компоновку страницы. Каждая страница имеет пять частей.

Таблица 69.2. Общая компоновка страницы

Элемент	Описание
Данные заголовка страницы	Длина — 24 байта. Содержит общую информацию о странице, включая указатели свободного пространства.
Данные идентификаторов элементов	Массив идентификаторов, указывающих на фактические элементы. Каждый идентификатор представляет собой пару «смещение, длина» и занимает 4 байта.
Свободное пространство	Незанятое пространство. Новые идентификаторы элементов размещаются с начала этой области, сами новые элементы — с конца.
Элементы	Сами элементы данных как таковые.
Специальное пространство	Специфические данные метода доступа. Для различных методов хранятся различные данные. Для обычных таблиц таких данных нет.

Первые 24 байта каждой страницы образуют заголовок страницы (`PageHeaderData`). Его формат подробно описан в Таблице 69.3. В первом поле отслеживается самая последняя запись в WAL, связанная с этой страницей. Второе поле содержит контрольную сумму страницы, если включён режим Контрольные суммы данных. Затем идёт двухбайтовое поле, содержащее биты флагов. За ним следуют три двухбайтовых целочисленных поля (`pd_lower`, `pd_upper` и `pd_special`). Они содержат смещения в байтах от начала страницы до начала незанятого пространства, до конца незанятого пространства и до начала специального пространства. В следующих 2 байтах заголовка страницы, в поле `pd_pagesize_version`, хранится размер страницы и индикатор версии. Начиная с PostgreSQL 8.3, используется версия 4; в PostgreSQL 8.1 и 8.2 использовалась версия 3; в PostgreSQL 8.0 — версия 2; в PostgreSQL 7.3 и 7.4 — версия 1; в предыдущих выпусках — версия 0. (Основная структура страницы и формат заголовка почти во всех этих версиях одни и те же, но структура заголовка строк в куче изменялась.) Размер страницы присутствует в основном только для перекрёстной проверки; возможность использовать в одной инсталляции разные размеры страниц не поддерживается. Последнее поле подсказывает, насколько вероятна возможность получить выигрыш, произведя очистку страницы: оно отслеживает самый старый XMAX на странице, не подвергавшийся очистке.

Таблица 69.3. Данные заголовка страницы (PageHeaderData)

Поле	Тип	Длина	Описание
pd_lsn	PageXLogRecPtr	8 байт	LSN: Следующий байт после последнего байта записи WAL для последнего изменения на этой странице
pd_checksum	uint16	2 байта	Контрольная сумма страницы
pd_flags	uint16	2 байта	Биты признаков

Поле	Тип	Длина	Описание
pd_lower	LocationIndex	2 байта	Смещение до начала свободного пространства
pd_upper	LocationIndex	2 байта	Смещение до конца свободного пространства
pd_special	LocationIndex	2 байта	Смещение до начала специального пространства
pd_pagesize_version	uint16	2 байта	Информация о размере страницы и номере версии компоновки
pd_prune_xid	TransactionId	4 байта	Самый старый неочищенный идентификатор XMAX на странице или ноль при отсутствии такового

Всю подробную информацию можно найти в `src/include/storage/bufpage.h`.

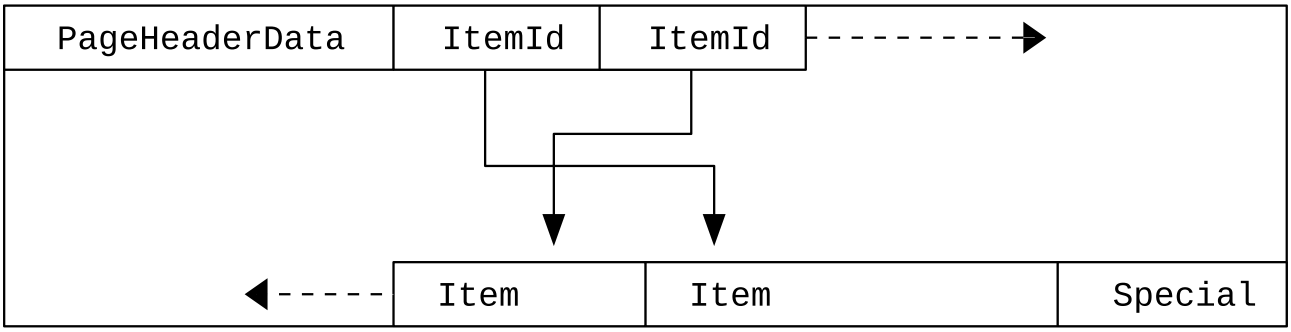
За заголовком страницы следуют идентификаторы элемента (`ItemIdData`), каждому из которых требуется 4 байта. Идентификатор элемента содержит байтовое смещение до начала элемента, его длину в байтах и несколько битов атрибутов, которые влияют на его интерпретацию. Новые идентификаторы элементов размещаются по мере необходимости от начала свободного пространства. Количество имеющихся идентификаторов элементов можно определить через значение `pd_lower`, которое увеличивается при добавлении нового идентификатора. Поскольку идентификатор элемента никогда не перемещается до тех пор, пока он не освобождается, его индекс можно использовать в течение длительного периода времени, чтобы ссылаться на элемент, даже когда сам элемент перемещается по странице для уплотнения свободного пространства. Фактически каждый указатель на элемент (`ItemPointer`, также известный как `CTID`), созданный PostgreSQL, состоит из номера страницы и индекса идентификатора элемента.

Сами элементы хранятся в пространстве, выделяемом в направлении от конца к началу незанятого пространства. Точная структура меняется в зависимости от того, каким будет содержимое таблицы. Как таблицы, так и последовательности используют структуру под названием `HeapTupleHeaderData`, которая описывается ниже.

Последний раздел является «особым разделом», который может содержать всё, что необходимо методу доступа для хранения. Например, индексы-B-деревья хранят ссылки на страницы слева и справа, равно как и некоторые другие данные, соответствующие структуре индекса. Обычные таблицы не используют особый раздел вовсе (что указывается установкой значения `pd_special` равным размеру страницы).

Рисунок 69.1 показывает, как эти компоненты размещаются в странице.

Рисунок 69.1. Компоновка страницы



69.6.1. Компоновка строки таблицы

Все строки таблицы имеют одинаковую структуру. Они включают заголовок фиксированного размера (занимающий 23 байта на большинстве машин), за которым следует необязательная битовая карта пустых значений, необязательное поле идентификатора объекта и данные пользователя. Подробное описание заголовка представлено в Таблице 69.4. Актуальные пользовательские данные (столбцы строки) начинаются после смещения, заданного в `t_hoff`, которое должно всегда быть кратным величине MAXALIGN для платформы. Битовая карта пустых значений имеется тогда, когда бит *HEAP_HASNULL* установлен в значении `t_infomask`. В случае наличия она начинается сразу после фиксированного заголовка и занимает столько байтов, сколько требуется для размещения битов по количеству столбцов (т. е. число битов равно количеству атрибутов, определяемому полем `t_infomask2`). В этом списке битов установленный бит означает непустое значение, а сброшенный соответствует пустому значению. Когда битовая карта отсутствует, все столбцы считаются непустыми. Идентификатор объекта присутствует, если только в значении `t_infomask` установлен бит *HEAP_HASOID_OLD*. Если он есть, он расположен сразу перед началом `t_hoff`. Любое заполнение, необходимое для того, чтобы сделать `t_hoff` кратным MAXALIGN, будет добавлено между битовой картой пустых значений и идентификатором объекта. (Это в свою очередь гарантирует, что идентификатор объекта будет правильно выровнен.)

Таблица 69.4. Данные заголовка строки таблицы (HeapTupleHeaderData)

Поле	**Тип**	**Длина**	**Описание**
t_xmin	TransactionId	4 байта	значение XID вставки
t_xmax	TransactionId	4 байта	значение XID удаления
t_cid	CommandId	4 байта	значение CID для вставки и/или удаления (пересекается с t_xvac)
t_xvac	TransactionId	4 байта	XID для операции VACUUM, которая перемещает версию строки
t_ctid	ItemPointerData	6 байт	текущее значение TID этой или более новой версии строки
t_infomask2	uint16	2 байта	количество атрибутов плюс различные биты флагов

Поле	Тип	Длина	Описание
t_infomask	uint16	2 байта	различные биты флагов
t_hoff	uint8	1 байт	отступ до пользовательских данных

Всю подробную информацию можно найти в `src/include/access/htup_details.h`.

Интерпретировать текущие данные можно только с использованием информации, полученной из других таблиц, в основном из `pg_attribute`. Ключевыми значениями, необходимыми для определения расположения полей, являются `attlen` и `attalign`. Не существует способа непосредственного получения заданного атрибута, кроме случая, когда имеются только поля фиксированной длины и при этом нет значений NULL. Все эти особенности учитываются в функциях *heap_getattr*, *fastgetattr* и *heap_getsysattr*.

Чтобы прочитать данные, необходимо просмотреть каждый атрибут по очереди. В первую очередь нужно проверить, является ли значение поля пустым согласно битовой карте пустых значений. Если это так, можно переходить к следующему полю. Затем следует убедиться, что выравнивание является верным. Если это поле фиксированной ширины, берутся просто все его байты. Если это поле переменной длины (attlen = -1), всё несколько сложнее. Все типы данных с переменной длиной имеют общую структуру заголовка `struct varlena`, которая включает общую длину сохранённого значения и некоторые биты флагов. В зависимости от установленных флагов, данные могут храниться либо локально, либо в таблице TOAST. Также, возможно сжатие данных (см. Раздел 69.2).

69.7. Кортежи только в куче (Heap-Only Tuples, HOT)

Для обеспечения высокой степени параллельности PostgreSQL сохраняет строки, реализуя многоверсионное управление конкурентным доступом (MVCC). Однако механизм MVCC работает не очень эффективно, когда происходит изменение данных. В частности, при изменении строк в таблицы должны добавляться их новые версии. Кроме того, для каждой изменённой строки в индексы должны добавляться новые элементы, а удаление старых версий строк и элементов индекса может повлечь дополнительные издержки.

Для снижения издержек, связанных с изменениями данных, в PostgreSQL реализована оптимизация, называемая «кортежи только в куче» (HOT). Её применение возможно в следующих условиях:

- При изменении не затрагиваются столбцы, задействованные в индексах таблицы (в том числе, в индексах по выражениям и частичных индексах).
- На странице, содержащей старую версию строки, достаточно свободного места для новой.

При выполнении этих условий оптимизация HOT даёт два преимущества:

- Для представления изменённых строк не нужны новые элементы индекса.
- Старые версии изменённых строк могут быть полностью удалены в ходе обычной работы, даже во время `SELECT`, для этого не нужно периодически выполнять операции очистки. (Это возможно, поскольку индексы не ссылаются на идентификаторы элементов страниц.)

Таким образом, изменение кортежей только в куче может выполняться, только если не изменяются столбцы, задействованные в индексах. Чтобы на страницах было достаточно места для HOT-кортежей, можно уменьшить `фактор заполнения` таблицы. Даже если это не делать, механизм HOT всё равно будет работать, поскольку новые строки будут естественным образом переноситься на новые страницы и существующие страницы, где достаточно свободного места для новых версий строк. За изменениями в режиме HOT и в обычном режиме позволяет наблюдать системное представление pg_stat_all_tables.

Глава 70. Объявление и начальное содержимое системных каталогов

В PostgreSQL используется множество разных системных каталогов для учёта информации о существовании и свойствах объектов базы, например, таблиц и функций. Физически системный каталог не отличается от простой таблицы, но серверный код на C знает структуру и характеристики каждого каталога и может работать с ним на низком уровне. Поэтому, например, не стоит пытаться изменять структуру каталога «на лету»; это нарушит встроенные в код предположения о том, как располагаются строки в каталоге. Однако структура каталога может меняться при переходе с одной основной версии на другую.

Структуры каталогов объявляются в специально оформленных заголовочных файлах C в каталоге `src/include/catalog/` дерева исходного кода. В частности, для каждого каталога имеется заголовочный файл, названный по имени каталога (например, `pg_class.h` для `pg_class`) и определяющий набор столбцов в этом каталоге, а также другие основные свойства, например, его OID. К другим важным файлам, задающим структуру каталога, относится `indexing.h`, определяющий, какие индексы присутствуют во всех системных каталогах, и `toasting.h`, определяющий таблицы TOAST для каталогов, которым они нужны.

Со многими каталогами связаны исходные данные, которые должны быть загружены в них на стадии «начальной загрузки» initdb, чтобы система оказалась в состоянии, когда она сможет выполнять команды SQL. (Например, `pg_class.h` должен содержать запись, ссылающуюся на этот же каталог, и перечисление всех остальных системных каталогов и индексов.) Эти исходные данные задаются в редактируемой форме в файлах, которые также находятся в каталоге `src/include/catalog/`. Например, в `pg_proc.dat` описываются все исходные строки, которые должны быть вставлены в каталог `pg_proc`.

Чтобы создать файлы каталогов и загрузить в них эти исходные данные, серверный процесс, работающий в режиме начальной загрузки, считывает файл BKI (Backend Interface, Серверный интерфейс), содержащий команды и исходные данные. Файл `postgres.bki`, используемый в этом режиме, конструируется из вышеупомянутых заголовочных файлов и файлов данных при сборке дистрибутива PostgreSQL Perl-скриптом `genbki.pl`. Хотя `postgres.bki` привязан к определённому выпуску PostgreSQL, он является платформонезависимым и устанавливается в подкаталог `share` дерева инсталляции.

Скрипт `genbki.pl` также генерирует производный заголовочный файл для каждого каталога, например `pg_class_d.h` для каталога `pg_class`. Этот файл содержит автоматически генерируемые макроопределения и может содержать другие макросы, определения перечислений и т. п., которые могут быть полезны для клиентского кода, читающего определённый каталог.

Большинству разработчиков PostgreSQL нет необходимости иметь дело непосредственно с файлом BKI, но для практически любой нетривиальной доработки потребуется модификация заголовочных файлов и/или файлов с исходными данными каталога. В продолжении этой главы рассказывается об этом, а также для полноты описывается формат файла BKI.

70.1. Правила объявления системных каталогов

Ключевой частью заголовочного файла каталога является описание структуры на C, определяющее вид каждой строки каталога. Оно начинается с макроса `CATALOG`, который, если говорить о компиляторе C, является просто сокращённой записью `typedef struct FormData_`*`имя_каталога`*. Каждое поле в этой структуре порождает столбец каталога. Поля можно дополнить макросами свойств BKI, объявленными в `genbki.h`. Например, для поля можно задать значение по умолчанию или указать, допускается ли в нём NULL. Строку `CATALOG` можно также дополнить некоторыми другими макросами свойств BKI, объявленными в `genbki.h` и определяющими другие свойства каталога в целом, например, является ли он общим.

Код кеша системного каталога (и в принципе почти весь код, манипулирующий каталогом) предполагает, что имеющие постоянный размер части всех кортежей системных каталогов присутствуют фактически, так как он отображает на них объявления структуры на C. Таким образом, все поля переменной длины и поля, принимающие NULL, должны располагаться в конце, и обращаться к ним как к полям структуры нельзя. Например, если присвоить полю `pg_type.typrelid` значение NULL, обращение в каком-либо месте кода к `typetup->typrelid` (или, что ещё хуже, к полю `typetup->typelem`, следующему за `typrelid`) будет некорректным. Это приведёт к случайным ошибкам или даже нарушениям сегментации.

В качестве частичной защиты от ошибок такого типа поля переменной длины или поля, принимающие NULL, следует скрыть от компилятора C. Это реализуется посредством обёртки `#ifdef CATALOG_VARLEN` ... `#endif` (где `CATALOG_VARLEN` — символ, который всегда будет неопределённым). Это не позволяет коду на C беспрепятственно обращаться к полям, которые могут отсутствовать или располагаться по некоторому другому смещению. В качестве дополнительной меры, препятствующей созданию некорректных строк, мы требуем, чтобы все столбцы, которые не должны принимать NULL, помечались соответствующим образом в `pg_attribute`. Код начальной загрузки автоматически пометит столбцы каталога как `NOT NULL`, если они имеют фиксированную длину и перед ними нет столбцов, принимающих NULL. Там, где это правило применяется некорректно, можно исправить пометку, добавив дополнительные указания `BKI_FORCE_NOT_NULL` или `BKI_FORCE_NULL`.

Код клиентской части не должен включать никакие заголовочные файлы каталогов `pg_xxx.h`, так как эти файлы могут содержать код на C, который не будет компилироваться вне кода сервера. (Обычно это происходит из-за того, что эти файлы также содержат объявления функций в файлах `src/backend/catalog/`.) Вместо этого клиентский код может включить соответствующий сгенерированный заголовок `pg_xxx_d.h` с определениями различных OID и другими данными, которые могут быть полезны на стороне клиента. Если вам нужно, чтобы макросы или другой код в заголовочных файлах каталогов были видимы в клиентском коде, заключите соответствущую секцию в условие `#ifdef EXPOSE_TO_CLIENT_CODE` ... `#endif`, чтобы `genbki.pl` скопировал эту секцию в заголовок `pg_xxx_d.h`.

Некоторые каталоги настолько основополагающие, что их нельзя создать даже командой BKI `create`, которая используется для большинства каталогов, так как эта команда должна записать информацию, описывающую новый каталог, в эти базовые каталоги. Они называются каталогами *начальной загрузки* и для определения их требуется много дополнительные действий: вы должны вручную подготовить соответствующие записи для них в предварительно загружаемых данных `pg_class` и `pg_type`, и эти записи потребуется модифицировать при последующих изменениях в структуре каталога. (Каталогам начальной загрузки также нужны предварительно загруженные записи в `pg_attribute`, но, к счастью, сейчас с этим управляется скрипт `genbki.pl`.) По возможности избегайте включения новых каталогов в категорию каталогов начальной загрузки.

70.2. Исходные данные системных каталогов

Для каждого каталога, с которым связаны вручную создаваемые исходные данные, (не все каталоги такие) имеется соответствующий файл `.dat`, содержащий эти данные в редактируемом формате.

70.2.1. Формат файла данных

Каждый файл `.dat` содержит описания структур данных Perl, в результате вычисления которых (функцией eval) в памяти формируется структура данных, состоящая из массива хеш-ссылок, соответствующих каждой строке каталога. Немного модифицированная выдержка из `pg_database.dat` иллюстрирует основные моменты:

```
[

# Здесь мог быть комментарий.
{ oid => '1', oid_symbol => 'TemplateDbOid',
  descr => 'database\'s default template',
  datname => 'template1', encoding => 'ENCODING', datcollate => 'LC_COLLATE',
  datctype => 'LC_CTYPE', datistemplate => 't', datallowconn => 't',
  datconnlimit => '-1', datlastsysoid => '0', datfrozenxid => '0',
```

```
  datminmxid => '1', dattablespace => 'pg_default', datacl => '_null_' },

]
```

Замечания:

- Общий формат файла: открывающая квадратная скобка, один или более наборов фигурных скобок, каждый из которых представляет строку каталога, и закрывающая квадратная скобка. После каждой закрывающей фигурной скобки должна идти запятая.
- В каждой строке каталога записываются разделённые запятыми пары *ключ* => *значение*. В качестве *ключа* принимаются имена столбцов каталога, а также ключи метаданных `oid`, `array_type_oid`, `oid_symbol` и `descr`. (Использование `oid` и `oid_symbol` описывается в Подразделе 70.2.2, а `array_type_oid` — в Подразделе 70.2.4. В `descr` задаётся строка с описанием объекта, которое будет вставлено в `pg_description` или `pg_shdescription`.) Ключи метаданных могут опускаться, но ключ для каждого столбца каталога должен присутствовать, если только в файле `.h` данного каталога для столбца не задано значение по умолчанию. (Для иллюстрации в показанном выше примере опущено поле `datdba`, так как в `pg_database.h` для него задаётся подходящее значение по умолчанию.)
- Все значения должны заключаться в апострофы. Апострофы внутри значений экранируются обратной косой чертой. Обратные косые черты в данных могут, но не обязательно должны дублироваться; это соответствует правилам Perl по оформлению простых строковых констант. Заметьте, что обратные косые черты, фигурирующие в данных, будут обрабатываться сканером исходных данных как символы экранирования, согласно тем же правилам записи строковых констант (см. Подраздел 4.1.2.2); например, `\t` преобразуется в символ табуляции. Если вы хотите получить именно обратную косую черту в окончательном значении, вам надо будет написать четыре этих символа: Perl отбрасывает два и оставляет `\\` сканеру исходных данных.
- Значения NULL представляются как `_null_`. (Заметьте, что создать значение с именно такой строкой невозможно.)
- Комментарии предваряются знаком `#` и должны размещаться в отдельных строках.
- Значения полей, выражающие OID других записей каталога, должны представляться символьными именами, а не числовыми кодами OID. (В примере выше такое символьное значение задаётся для поля `dattablespace`.) Об этом рассказывается в Подразделе 70.2.3.
- Так как хеши являются неупорядоченной структурой данных, порядок полей и расположение строк не имеют семантической значимости. Однако для поддержания согласованного представления мы установили несколько правил, которые применяет скрипт форматирования `reformat_dat_file.pl`:
  - В каждой паре фигурных скобок сначала по порядку идут поля метаданных `oid`, `oid_symbol`, `array_type_oid` и `descr` (в случае наличия), а за ними собственные поля каталога в определённом для них порядке.
  - Переводы строк при необходимости вставляются между полями для ограничения длины строки 80 символами, если это возможно. Перевод строки также вставляется между полями метаданных и обычными полями.
  - Если в файле `.h` каталога задаётся значение по умолчанию для столбца и то же значение указано в записи данных, `reformat_dat_file.pl` уберёт его из файла данных. Таким образом обеспечивается компактное представление данных.
  - Скрипт `reformat_dat_file.pl` сохраняет пустые строки и строки комментариев в неизменном виде.

  Скрипт `reformat_dat_file.pl` рекомендуется запускать перед сохранением изменений в данных каталога. Им удобно пользоваться, просто выполняя `make reformat-dat-files` в `src/include/catalog/`.
- Если вы хотите добавить новый метод уменьшения представления данных, вы должны реализовать его в `reformat_dat_file.pl` и также научить `Catalog::ParseData()` разворачивать данные в полное представление.

70.2.2. Назначение OID

Строке каталога, фигурирующей в исходных данных, можно вручную присвоить OID, добавив поле метаданных `oid => nnnn`. Более того, когда строке присваивается OID, для этого OID можно создать макрос C, добавив поле метаданных `oid_symbol => имя`.

Предварительно загружаемым строкам каталога должны заранее назначаться OID, если на них по OID ссылаются другие предварительно загружаемые строки. Назначать OID также требуется, если на OID нужно будет ссылаться из кода на C. В отсутствие этих условий поле метаданных `oid` можно опустить, и тогда загрузочный код назначит OID автоматически. На практике мы обычно явно назначаем OID для всех строк в определённом каталоге (даже если фактически присутствуют ссылки только на часть из них) либо не назначаем их вовсе.

Указание фактического числового значения любого OID в коде на C считается крайне нежелательным; вместо этого всегда следует использовать макрос. Прямые обращения к OID в `pg_proc` требуются достаточно часто, поэтому был создан специальный механизм, создающий необходимые макросы автоматически; см. `src/backend/utils/Gen_fmgrtab.pl`. С аналогичной целью предусмотрен (но по историческим причинам реализован по-другому) метод создания макросов для OID в `pg_type`. Как следствие, записи `oid_symbol` в этих двух каталогах добавлять не нужно. Подобным образом в `pg_class` автоматически включаются макросы для OID системных каталогов и индексов. Для остальных системных каталогов все нужные вам макросы с `oid_symbol` вы должны добавлять вручную.

Чтобы найти свободный OID для новой предварительно загружаемой строки, запустите скрипт `src/include/catalog/unused_oids`. Он выводит диапазоны неиспользуемых OID, включающие граничные значения (например, выведенная строка `45-900` означает, что OID с 45 по 900 включительно ещё не задействованы). В настоящее время для назначения вручную зарезервированы значения OID 1–9999; скрипт `unused_oids` просто просматривает заголовки каталогов и файлы `.dat` и проверяет, какие значения в них отсутствуют. Для поиска ошибок вы можете воспользоваться скриптом `duplicate_oids`. (Скрипт `genbki.pl` назначит OID всем строкам, которым он не был назначен вручную, и также выявит дублирующиеся OID во время компиляции.)

Выбирая значения OID для разрабатываемой модификации кода, которая скорее всего не будет принята сразу, рекомендуется использовать группу более-менее последовательных OID, начиная с некоторого случайного числа в диапазоне 8000—9999. Это уменьшит риск конфликтов OID с другими параллельными разработками. Чтобы сохранить диапазон 8000—9999 для использования в процессе разработки после того, как модификация кода вносится в основной репозиторий git, привнесённые с ней новые значения OID должны быть перенумерованы и заменены свободными номерами ниже этого диапазона. Обычно это будет происходить в конце каждого цикла разработки; таким образом, разом перенумеруются все OID, появившиеся в коде в течение завершающегося цикла. Для этого может применяться скрипт `renumber_oids.pl`. Этот скрипт также может быть полезен, если окажется, что некоторая ещё разрабатываемая модификация конфликтует с недавно внесёнными изменениями.

Из этого положения о возможной перенумерации значений OID, вносимых модификациями, следует, что выбранные в них изначально значения OID не должны считаться стабильными, пока эта модификация не будет включена в официальный выпуск. После выпуска мы не будем менять вручную назначенные OID объектов, так как это может повлечь самые разные проблемы совместимости.

Если скрипту `genbki.pl` требуется назначить OID элементу каталога, для которого OID не назначен вручную, он выбирает значение в диапазоне 10000—11999. Счётчик OID сервера получает значение 12000 на стадии начальной инициализации. Таким образом, объекты, создаваемые обычными командами SQL на поздних стадиях инициализации, например объекты, создаваемые скриптом `information_schema.sql` получат значения OID от 12000 и выше.

В процессе обычной работы сервер назначает OID от 16384 и выше. Тем самым гарантируется, что диапазон 10000—16383 свободен для значений OID, назначаемых автоматически скриптом `genbki.pl` или при инициализации кластера. Эти автоматически назначаемые OID не считаются стабильными и могут меняться от одного кластера к другому.

70.2.3. Поиск OID по ссылке

Вообще говоря, из одной строки исходного каталога можно сослаться на другую, просто указав предопределённый OID целевой строки в поле ссылки. Однако политика проекта не приветствует такой подход, так как он провоцирует ошибки, а подобные ссылки сложны для восприятия и могут нарушиться при перенумерации OID. Поэтому в `genbki.pl` реализованы механизмы записи символических ссылок, работающие по следующим правилам:

- Для использования символических ссылок в некотором столбце каталога требуется добавить указание `BKI_LOOKUP(`*`правило_поиска`*`)` в определение этого столбца, где *`правило_поиска`* — имя целевого каталога, например `pg_proc`. Указание `BKI_LOOKUP` может быть добавлено к столбцам типа `Oid`, `regproc`, `oidvector` или `Oid[]`; в последних двух случаях поиск будет выполняться для каждого элемента массива.
- Также допускается указание `BKI_LOOKUP(encoding)` для целочисленных столбцов, позволяющее обращаться к кодировкам символов (в настоящее время кодировкам не соответствуют OID в каталоге, но скрипту `genbki.pl` известен их набор).
- В таком столбце все записи должны иметь символьный формат (исключение составляет `0`, обозначающий InvalidOid). (Если столбец объявлен как `regproc`, вместо `0` можно написать `-`.) Скрипт `genbki.pl` выдаст предупреждение, встретив нераспознанное имя.
- Большинство типов объектов каталога представляются просто своими именами. Заметьте, что имена типов должны в точности соответствовать полям `typname` в записях `pg_type`; псевдонимы типов использовать нельзя, например, нельзя написать `integer` вместо `int4`.
- Функция может быть представлена своим значением `proname`, если оно уникально среди записей `pg_proc.dat` (это работает как ввод значения типа regproc). В противном случае её нужно представить как *`proname(имя_типа_аргумента,имя_типа_аргумента,...)`*, как в regprocedure. Имена типов аргументов должны записываться в точности так, как они фигурируют в поле `proargtypes` в `pg_proc.dat`. Не добавляйте в эту строку пробелы.
- Операторы представляются в виде *`oprname(левый_тип,правый_тип)`*, при этом имена типов записываются в точности так, как они фигурируют в полях `oprleft` и `oprright` в `pg_operator.dat`. (Вместо опущенного операнда унарного оператора записывается `0`.)
- Имена классов операторов и семейств операторов уникальны только в рамках определённого метода доступа, так что они представляются в виде *`имя_метода_доступа`*`/`*`имя_объекта`*.
- Ни в одном из этих случаев не поддерживается указание схемы; все объекты, создаваемые на стадии начальной загрузки, будут принадлежать схеме `pg_catalog`.
- В дополнение к общим механизмам поиска есть также специальное соглашение, согласно которому обозначение `PGNSP` заменяется на OID схемы `pg_catalog`, а `PGUID` — на OID роли суперпользователя, выполняющего начальную инициализацию. Специальное использование этих обозначений объясняется историческими причинами, но унифицировать их пока не было необходимости.

Скрипт `genbki.pl` разрешает все символические ссылки при запуске и помещает в формируемый файл BKI обычные числовые OID. Таким образом, при начальной загрузке отпадает необходимость в разрешении имён.

70.2.4. Автоматическое создание типов массивов

Для большинства скалярных типов данных должны создаваться соответствующие типы массивов (то есть стандартный тип массива переменной длины с элементами скалярного типа, ссылка на который содержится в поле `typarray` скалярного типа `pg_type`). Как правило, скрипт `genbki.pl` может создать запись в `pg_type` для типа массива автоматически.

Для использования этой возможности достаточно записать `array_type_oid =>` *`nnnn`* в поле метаданных записи `pg_type` для скалярного типа, указав OID, который будет использоваться для типа массива. После этого поле `typarray` можно не задавать, так как этот OID окажется в нём автоматически.

В качестве имени сгенерированного типа массива выбирается имя скалярного типа с добавленным спереди подчёркиванием. Другие поля в записи массива заполняются из определений `BKI_ARRAY_DEFAULT(`*значение*`)` в `pg_type.h` или, если соответствующего определения нет, копируются из скалярного типа. (Поле `typalign` заполняется особым образом.) Затем в полях `typelem` и `typarray` двух записей устанавливаются перекрёстные ссылки друг на друга.

70.2.5. Рецепты по редактированию файлов данных

Ниже приведены некоторые предложения по оптимальному решению некоторых распространённых задач при изменении файлов каталогов.

Добавление в каталог нового столбца со значением по умолчанию: Добавьте столбец в заголовочный файл с указанием `BKI_DEFAULT(`*значение*`)`. Файл данных потребуется редактировать, только если в каких-либо существующих строках в добавленном поле должно быть не значение по умолчанию.

Указание значения по умолчанию для существующего столбца, который его не имел: Добавьте указание `BKI_DEFAULT` в заголовочный файл, а затем выполните `make reformat-dat-files` для удаления ставших избыточными записей поля.

Удаление столбца, со значением по умолчанию или без: Удалите столбец из заголовочного файла, а затем выполните `make reformat-dat-files` для удаления ставших избыточными записей поля.

Изменение или удаление существующего значения по умолчанию: Просто изменить заголовочный файл недостаточно, так как при этом текущие данные будут интерпретироваться некорректно. Сначала выполните `make expand-dat-files`, чтобы перезаписать в файлах данных все явно заданные значения по умолчанию, затем удалите или измените указания `BKI_DEFAULT`, и в завершение выполните `make reformat-dat-files` для повторного удаления избыточных полей.

Разовая массовая модификация: Скрипт `reformat_dat_file.pl` можно скорректировать для выполнения самых разных массовых модификаций. Просмотрев в нём блочные комментарии, вы найдёте место, куда можно вставить модифицирующий код. В следующем примере мы произведём объединение двух логических полей в `pg_proc` в символьном поле:

1. Добавьте новый столбец со значением по умолчанию в `pg_proc.h`:

```
+    /* see PROKIND_ categories below */
+    char        prokind BKI_DEFAULT(f);
```

2. Создайте на основе `reformat_dat_file.pl` новый скрипт, который вставит соответствующие значения «на лету»:

```
-           # At this point we have the full row in memory as a hash
-           # and can do any operations we want. As written, it only
-           # removes default values, but this script can be adapted to
-           # do one-off bulk-editing.
+           # One-off change to migrate to prokind
+           # Default has already been filled in by now, so change to other
+           # values as appropriate
+           if ($values{proisagg} eq 't')
+           {
+               $values{prokind} = 'a';
+           }
+           elsif ($values{proiswindow} eq 't')
+           {
+               $values{prokind} = 'w';
+           }
```

3. Запустите новый скрипт:

```
$ cd src/include/catalog
```

```
$ perl  rewrite_dat_with_prokind.pl  pg_proc.dat
```

После этого в файле pg_proc.dat окажутся все три столбца, prokind, proisagg и proiswindow, хотя они будут фигурировать только в тех строках, где им присваиваются не значения по умолчанию, а любые другие значения.

4. Удалите старые столбцы из pg_proc.h:

```
-    /* is it an aggregate? */
-    bool        proisagg BKI_DEFAULT(f);
-
-    /* is it a window function? */
-    bool        proiswindow BKI_DEFAULT(f);
```

5. Наконец, выполните make reformat-dat-files для удаления ненужных старых записей из pg_proc.dat.

Примеры кода, производящего массовые модификации, вы можете найти в скриптах convert_oid2name.pl и remove_pg_type_oid_symbols.pl, вложенных в сообщение: *https://www.postgresql.org/message-id/CAJVSVGVX8gXnPm+Xa=DxR7kFYprcQ1tNcCT5D0O3ShfnM6jehA@mail.gmail.com*

70.3. Формат файла BKI

В этом разделе описывается, как сервер PostgreSQL интерпретирует файлы BKI. Это описание будет легче понять, если для наглядности вы откроете файл postgres.bki.

Содержимое BKI состоит из последовательности команд. Команды образуются из нескольких компонентов, в зависимости от синтаксиса конкретной команды. Компоненты команд обычно разделяются пробельными символами, но это не обязательно, если не возникает неоднозначности. Специальный разделитель команд отсутствует; следующий компонент, который не может синтаксически относиться к предыдущей команде, начинает следующую. (Обычно новая команда начинается в отдельной строке, для структурности.) Компонентами команд могут быть определённые ключевые слова, специальные символы (скобки, запятые и т. д.), числа или строки в двойных кавычках. Все буквы в них воспринимаются с учётом регистра.

Строки, начинающиеся с #, игнорируются.

70.4. Команды BKI

create *имя_таблицы* *oid_таблицы* [bootstrap] [shared_relation] [rowtype_oid *oid*] (*имя1* = *тип1* [FORCE NOT NULL | FORCE NULL] [, *имя2* = *тип2* [FORCE NOT NULL | FORCE NULL], ...])

Создать таблицу *имя_таблицы* с заданным *oid_таблицы* и столбцами, указанными в скобках.

Непосредственно bootstrap.c поддерживает следующие типы столбцов: bool, bytea, char (1 байт), name, int2, int4, regproc, regclass, regtype, text, oid, tid, xid, cid, int2vector, oidvector, _int4 (массив), _text (массив), _oid (массив), _char (массив), _aclitem (массив). Хотя возможно создать таблицы, содержащие столбцы и других типов, это нельзя сделать, пока не будет создан и заполнен соответствующими записями каталог pg_type. (По сути это означает, что только эти типы столбцов могут быть в каталогах начальной загрузки, хотя другие каталоги могут содержать любые встроенные типы.)

С указанием bootstrap таблица будет создана только на диске; никакие записи о ней не будут добавлены в pg_class, pg_attribute и т. д. Таким образом, таблица не будет доступна для обычных операций SQL, пока такие записи не будут добавлены явно (командами insert). Это указание применяется для создания самой структуры pg_class и подобных ей.

Если добавлено указание shared_relation, таблица создаётся как общая. Дополнительным предложением rowtype_oid может быть задан OID типа строки (OID записи в pg_type); если он не указан, OID генерируется автоматически. (Предложение rowtype_oid бесполезно, если присутствует указание bootstrap, но его всё равно можно добавить для документирования.)

open *имя_таблицы*

Открыть таблицу *имя_таблицы* для добавления данных. Любая другая таблица, открытая в данный момент, закрывается.

close *имя_таблицы*

Закрыть открытую таблицу. Имя таблицы должно задаваться для перепроверки.

insert ([*значение_oid*] *значение1* *значение2* ...)

Вставить строку в открытую таблицу с именами столбцов *значение1*, *значение2* и т. д.

Значения NULL могут задаваться специальным ключевым словом _null_. Значения, отличные от идентификаторов и цифровых строк, должны заключаться в двойные кавычки.

declare [unique] index *имя_индекса* *oid_индекса* on *имя_таблицы* using *имя_метода_доступа* (*класс_оп1* *имя1* [, ...])

Создать индекс *имя_индекса* с OID, равным *oid_индекса*, в таблице *имя_таблицы*, с методом доступа *имя_метода_доступа*. Индекс строится по полям *имя1*, *имя2* и т. д., и для них используются соответственно классы операторов *класс_оп1*, *класс_оп2* и т. д. Эта команда создаёт файл индекса и добавляет соответствующие записи в каталог, но не инициализирует содержимое индекса.

declare toast *oid_таблицы_toast* *oid_индекса_toast* on *имя_таблицы*

Создаёт таблицу TOAST для таблицы *имя_таблицы*. Таблице TOAST назначается OID, равный *oid_таблицы_toast*, а её индексу назначается OID, равный *oid_индекса_toast*. Как и с declare index, заполнение индекса откладывается.

build indices

Заполнить индексы, объявленные ранее.

70.5. Структура файла BKI

Команда open может применяться, только когда открываемая ей таблица существует и для неё имеются записи в каталогах. (Минимальный набор этих каталогов образуют pg_class, pg_attribute, pg_proc и pg_type.) Чтобы можно было заполнить сами эти таблицы, команда create с указанием bootstrap неявно открывает создаваемую таблицу для добавления данных.

Кроме того, команды declare index и declare toast нельзя применять, пока не будут созданы и заполнены системные каталоги.

Таким образом, файл postgres.bki должен иметь следующую структуру:

1. create bootstrap (создание) одной из критичных таблиц
2. insert (добавление) данных, описывающих как минимум критичные таблицы
3. close
4. Повторение для других критичных таблиц.
5. create (создание) (без bootstrap) некритичной таблицы
6. open
7. insert (добавление) требуемых данных
8. close
9. Повторение для других некритичных таблиц.
10. Определение индексов и таблиц TOAST.

11. `build indices`

Несомненно есть и другие, недокументированные зависимости, диктующие определённый порядок.

70.6. Пример BKI

Следующая последовательность команд создаст таблицу `test_table` с OID 420, имеющую три столбца `oid`, `cola` и `colb` типов `oid`, `int4` и `text`, соответственно, и вставит две строки в эту таблицу:

```
create test_table 420 (oid = oid, cola = int4, colb = text)
open test_table
insert ( 421 1 "value1" )
insert ( 422 2 _null_ )
close test_table
```

Глава 71. Как планировщик использует статистику

Данная глава основана на материалах, рассмотренных ранее (см. Раздел 14.1 и Раздел 14.2), и подробнее рассказывает о том, как планировщик использует статистику для определения количества строк, которое может вернуть каждая часть запроса. Это важная составляющая процесса создания плана запроса, предоставляющая большую часть исходного материала для расчёта стоимости.

Целью данной главы является не подробное документирование кода, а общее описание его работы. Возможно, это поможет тем, кто пожелает в дальнейшем ознакомиться с кодом.

71.1. Примеры оценки количества строк

В приведённых ниже примерах используются таблицы базы данных регрессионного тестирования PostgreSQL. Приведённые листинги получены в версии 8.3. Поведение более ранних (или поздних) версий может отличаться. Заметьте также, что поскольку команда ANALYZE использует случайную выборку при формировании статистики, после любого нового выполнения команды ANALYZE результаты незначительно изменятся.

Давайте начнём с очень простого запроса:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;

                         QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Как планировщик определяет мощность tenk1, рассматривается выше (см. Раздел 14.2), но для полноты здесь говорится об этом ещё раз. Количество страниц и строк берётся в pg_class:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 'tenk1';

 relpages | reltuples
----------+-----------
      358 |     10000
```

Это текущие цифры, полученные при последнем выполнении команд VACUUM или ANALYZE, применённых к этой таблице. Затем планировщик выполняет выборку фактического текущего числа страниц в таблице (это недорогая операция, для которой не требуется сканирование таблицы). Если оно отличается от relpages, то reltuples изменяется для того, чтобы привести это значение к текущей оценке количества строк. В показанном выше примере значение relpages является актуальным, поэтому количество строк берётся равным reltuples.

Давайте обратимся к примеру с диапазонным условием в предложении WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 1000;

                                   QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=24.06..394.64 rows=1007 width=244)
   Recheck Cond: (unique1 < 1000)
   ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..23.80 rows=1007 width=0)
         Index Cond: (unique1 < 1000)
```

Планировщик рассматривает условие предложения WHERE и находит в справочнике функцию избирательности для оператора < в pg_operator. Это значение содержится в столбце oprrest, и в данном случае значением является scalarltsel. Функция scalarltsel извлекает гистограмму для unique1 из pg_statistic. Для вводимых вручную запросов удобнее просматривать более простое представление pg_stats:

```
SELECT histogram_bounds FROM pg_stats
WHERE tablename='tenk1' AND attname='unique1';

                   histogram_bounds
------------------------------------------------------
 {0,993,1997,3050,4040,5036,5957,7057,8029,9016,9995}
```

Затем обрабатывается часть гистограммы, которая соответствует условию «< 1000». Таким образом и определяется избирательность. Гистограмма делит диапазон на равные частотные группы, поэтому нужно лишь определить группу, содержащую наше значение, и подсчитать её *долю* и *долю групп*, предшествующих данной. Очевидно, что значение 1000 находится во второй группе (993–1997). Если предположить, что внутри каждой группы распределение значений линейное, мы можем вычислить избирательность следующим образом:

```
selectivity = (1 + (1000 - bucket[2].min)/(bucket[2].max - bucket[2].min))/num_buckets
            = (1 + (1000 - 993)/(1997 - 993))/10
            = 0.100697
```

т. е. сумма элементов одной целой группы и пропорциональной части элементов второй, делённая на число групп. Теперь примерное число строк может быть рассчитано как произведение избирательности и мощности `tenk1`:

```
rows = rel_cardinality * selectivity
     = 10000 * 0.100697
     = 1007  (округлённо)
```

Далее, давайте рассмотрим пример с условием на равенство в предложении `WHERE`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 = 'CRAAAA';

                        QUERY PLAN
----------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=30 width=244)
   Filter: (stringu1 = 'CRAAAA'::name)
```

Планировщик вновь проверяет условие в предложении `WHERE` и определяет функцию избирательности для `=`, и этой функцией является `eqsel`. Для оценки равенства гистограмма бесполезна, вместо неё для оценки избирательности используется список *самых частых значений* (Most Common Values, MCV). Давайте рассмотрим MCV и соответствующие дополнительные столбцы, которые пригодятся позже:

```
SELECT null_frac, n_distinct, most_common_vals, most_common_freqs FROM pg_stats
WHERE tablename='tenk1' AND attname='stringu1';

null_frac         | 0
n_distinct        | 676
most_common_vals  | {EJAAAA,BBAAAA,CRAAAA,FCAAAA,FEAAAA,GSAAAA,
JOAAAA,MCAAAA,NAAAAA,WGAAAA}
most_common_freqs | {0.00333333,0.003,0.003,0.003,0.003,0.003,0.003,0.003,0.003,0.003}
```

Так как значение `CRAAAA` оказалось в списке MCV, избирательность будет определяться просто соответствующим элементом в списке частот самых частых значений (Most Common Frequencies, MCF):

```
selectivity = mcf[3]
            = 0.003
```

Как и в предыдущем примере, оценка числа строк берётся как произведение мощности и избирательности `tenk1`:

```
rows = 10000 * 0.003
     = 30
```

Теперь рассмотрим тот же самый запрос, но с константой, которой нет в списке MCV:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 = 'xxx';

                        QUERY PLAN
------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=15 width=244)
   Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
```

Это совершенно другая задача — как оценить избирательность значения, которого *нет* в списке MCV. При её решении используется факт отсутствия данного значения в списке в сочетании с частотой для каждого значения из списка MCV.

```
selectivity = (1 - sum(mvf))/(num_distinct - num_mcv)
            = (1 - (0.00333333 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 +
                    0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003))/(676 - 10)
            = 0.0014559
```

Т. е. нужно сложить частоты значений из списка MCV, отнять полученное число от единицы, и полученное значение разделить на количество *остальных* уникальных значений. Эти вычисления основаны на предположении, что значения, которые не входят в список MCV, имеют равномерное распределение. Заметьте, что в данном примере нет неопределённых значений, поэтому о них беспокоиться не нужно (иначе их долю также пришлось бы вычитать из числителя). Оценка числа строк затем производится как обычно:

```
rows = 10000 * 0.0014559
     = 15  (округлённо)
```

Предыдущий пример с `unique1 < 1000` был большим упрощением того, что в действительности делает `scalarltsel`. Но после того, как мы увидели пример использования списка MCV, мы можем внести некоторые дополнения. Что касается самого примера, в нём все было правильно, поскольку `unique1` — это уникальный столбец, у него нет значений в списке MCV (очевидно, в данном случае нет значения, которое встречается чаще, чем какое-либо другое). Для неуникального столбца обычно создаётся как гистограмма, так и список MCV, при этом *гистограмма не включает значения, представленные в списке MCV*. Данный способ позволяет выполнить более точный подсчёт. В этой ситуации `scalarltsel` напрямую применяет условие «< 1000» к каждому значению списка MCV и суммирует частоты значений MCV, для которых условие является верным. Это даёт точную оценку избирательности для той части таблицы, которая содержит значения из списка MCV. Подобным же образом используется гистограмма для оценки избирательности для той части таблицы, которая не содержит значения из списка MCV, а затем эти две цифры складываются для оценки общей избирательности. Например, рассмотрим

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 < 'IAAAAA';

                         QUERY PLAN
------------------------------------------------------------
 Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=3077 width=244)
   Filter: (stringu1 < 'IAAAAA'::name)
```

Мы уже видели данные списка MCV для `stringu1`, а это его гистограмма:

```
SELECT histogram_bounds FROM pg_stats
WHERE tablename='tenk1' AND attname='stringu1';

                                histogram_bounds
--------------------------------------------------------------------------------
 {AAAAAA,CQAAAA,FRAAAA,IBAAAA,KRAAAA,NFAAAA,PSAAAA,SGAAAA,VAAAAA,XLAAAA,ZZAAAA}
```

Проверяя список MCV, находим, что условие `stringu1 < 'IAAAAA'` соответствует первым шести записям, но не соответствует последним четырём, поэтому избирательность для значений, соответствующих значениям в списке MCV, такова:

```
selectivity = sum(relevant mvfs)
            = 0.00333333 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003
            = 0.01833333
```

Сумма всех частот из списка MCF также сообщает нам, что общая часть представленной списком MCV совокупности записей равняется 0.03033333, и поэтому представленная гистограммой часть равняется 0.96966667 (в этом случае тоже нет неопределённых значений, иначе их пришлось бы также исключить). Видно, что значение IAAAAA попадает почти в конец третьего столбца гистограммы. Основываясь на простых предположениях относительно частоты различных символов, планировщик получает число 0.298387 для части значений, представленных в гистограмме, которые меньше чем IAAAAA. Затем объединяем оценки части значений из списка MCV и значений, не содержащихся в нём:

```
selectivity = mcv_selectivity + histogram_selectivity * histogram_fraction
            = 0.01833333 + 0.298387 * 0.96966667
            = 0.307669

rows        = 10000 * 0.307669
            = 3077  (округлённо)
```

В этом конкретном примере, корректировка со стороны списка MCV достаточно мала, потому что распределение значений столбца довольно плоское (статистика, показывающая конкретные значения как более распространённые, чаще всего получается вследствие статистической погрешности). В более типичном случае, когда некоторые значения являются значительно более распространёнными по сравнению с другими, этот более сложный метод повышает точность вследствие точного определения избирательности наиболее распространённых значений.

Теперь давайте рассмотрим случай с более чем одним условием в предложении WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 1000 AND stringu1 = 'xxx';

                                   QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=23.80..396.91 rows=1 width=244)
   Recheck Cond: (unique1 < 1000)
   Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
   ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..23.80 rows=1007 width=0)
         Index Cond: (unique1 < 1000)
```

Планировщик исходит из того, что два условия независимы, таким образом, отдельные значения избирательности можно перемножить:

```
selectivity = selectivity(unique1 < 1000) * selectivity(stringu1 = 'xxx')
            = 0.100697 * 0.0014559
            = 0.0001466

rows        = 10000 * 0.0001466
            = 1  (округлённо)
```

Заметьте, что число строк, которые предполагается вернуть через сканирование битового индекса, соответствует условию, используемому при работе индекса; это важно, так как влияет на оценку стоимости для последующих выборок из таблицы.

В заключение исследуем запрос, выполняющий соединение:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 50 AND t1.unique2 = t2.unique2;

                                      QUERY PLAN
--------------------------------------------------------------------------------------
 Nested Loop  (cost=4.64..456.23 rows=50 width=488)
   ->  Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.64..142.17 rows=50 width=244)
         Recheck Cond: (unique1 < 50)
         ->  Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.63 rows=50 width=0)
               Index Cond: (unique1 < 50)
   ->  Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.00..6.27 rows=1 width=244)
```

```
        Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
```

Ограничение, накладываемое на tenk1, unique1 < 50, производится до соединения вложенным циклом. Это обрабатывается аналогично предыдущему примеру с диапазонным условием. На этот раз значение 50 попадает в первый столбец гистограммы unique1:

```
selectivity = (0 + (50 - bucket[1].min)/(bucket[1].max - bucket[1].min))/num_buckets
            = (0 + (50 - 0)/(993 - 0))/10
            = 0.005035

rows        = 10000 * 0.005035
            = 50  (округлённо)
```

Ограничение для соединения следующее t2.unique2 = t1.unique2. Здесь используется уже известный нам оператор =, однако функцию избирательности получаем из столбца oprjoin представления pg_operator, и эта функция — eqjoinsel. Функция eqjoinsel находит статистические данные как для tenk2, так и для tenk1:

```
SELECT tablename, null_frac,n_distinct, most_common_vals FROM pg_stats
WHERE tablename IN ('tenk1', 'tenk2') AND attname='unique2';

tablename  | null_frac | n_distinct | most_common_vals
-----------+-----------+------------+------------------
 tenk1     |         0 |         -1 |
 tenk2     |         0 |         -1 |
```

В этом случае нет данных MCV для unique2, потому что все значения будут уникальными. Таким образом, используется алгоритм, зависящий только от числа различающихся значений для обеих таблиц и от данных с неопределёнными значениями:

```
selectivity = (1 - null_frac1) * (1 - null_frac2) * min(1/num_distinct1, 1/
num_distinct2)
            = (1 - 0) * (1 - 0) / max(10000, 10000)
            = 0.0001
```

То есть вычитаем долю неопределённых значений из единицы для каждой таблицы и делим на максимальное из чисел различающихся значений. Количество строк, которое соединение, вероятно, сгенерирует, вычисляется как мощность декартова произведения двух входных значений, умноженная на избирательность:

```
rows = (outer_cardinality * inner_cardinality) * selectivity
     = (50 * 10000) * 0.0001
     = 50
```

Если бы имелись списки MCV для двух столбцов, функцией eqjoinsel использовалось бы прямое сравнение со списками MCV для определения общей избирательности той части данных, которая содержит значения списка MCV. Оценка остальной части данных при этом выполнялась бы представленным выше способом.

Заметьте, что здесь выводится для inner_cardinality значение 10000, то есть исходный размер tenk2. Если изучить вывод EXPLAIN, может показаться, что оценка количества строк вычисляется как 50 * 1, то есть число внешних строк умножается на ориентировочное число строк, получаемых при каждом внутреннем сканировании индекса в tenk2. Но это не так, ведь размер результата соединения оценивается до того, как выбирается конкретный план соединения. Если всё работает корректно, оба варианта вычисления этого размера должны давать один и тот же ответ, но из-за ошибок округления и других факторов иногда они значительно различаются.

Для интересующихся более подробной информацией: оценка размера таблицы (до выполнения условий в предложении WHERE) реализована в файле src/backend/optimizer/util/plancat.c. Основная логика для вычисления избирательности предложений находится в src/backend/optimizer/path/clausesel.c. Специфичные для отдельных операторов функции избирательности, в основном, расположены в src/backend/utils/adt/selfuncs.c.

71.2. Примеры многовариантной статистики

71.2.1. Функциональные зависимости

Многовариантную корреляцию можно продемонстрировать на очень простом наборе данных — таблице с двумя столбцами, содержащими одинаковые значения:

```
CREATE TABLE t (a INT, b INT);
INSERT INTO t SELECT i % 100, i % 100 FROM generate_series(1, 10000) s(i);
ANALYZE t;
```

Как рассказывается в Разделе 14.2, планировщик может определить мощность t, исходя из числа страниц и строк, полученного из pg_class:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 't';

 relpages | reltuples
----------+-----------
       45 |     10000
```

Распределение данных очень простое: в каждом столбце содержится всего 100 различных значений, равномерно распределённых.

Следующий пример показывает результат оценивания условия WHERE по столбцу a:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1;
                                 QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..170.00 rows=100 width=8) (actual rows=100 loops=1)
   Filter: (a = 1)
   Rows Removed by Filter: 9900
```

Планировщик рассматривает условие и определяет, что его избирательность равна 1%. Сравнивая эту оценку и фактическое число строк, мы видим, что оценка очень точна (на самом деле абсолютна точна, так как таблица очень маленькая). Если изменить условие WHERE, чтобы использовался столбец b, будет получен такой же план. Но посмотрите, что получится, если мы применим одинаковое условие к двум столбцам, объединив их оператором AND:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 1;
                                 QUERY PLAN
-----------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=1 width=8) (actual rows=100 loops=1)
   Filter: ((a = 1) AND (b = 1))
   Rows Removed by Filter: 9900
```

Планировщик оценивает избирательность каждого условия индивидуально, и получает ту же оценку в 1%, что и выше. Затем он предполагает, что условия независимы, так что он перемножает избирательности и выдаёт окончательную оценку избирательности, равную всего 0.01%. Это значительная недооценка, так как фактическое число строк, соответствующих условию, (100) на два порядка больше.

Эту проблему можно решить, создав объект статистики, который укажет команде ANALYZE вычислить многовариантную статистику функциональной зависимости по двум столбцам:

```
CREATE STATISTICS stts (dependencies) ON a, b FROM t;
ANALYZE t;
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 1;
                                  QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=100 width=8) (actual rows=100 loops=1)
   Filter: ((a = 1) AND (b = 1))
   Rows Removed by Filter: 9900
```

71.2.2. Многовариантное число различных значений

Подобная проблема возникает с оценкой мощности наборов с несколькими столбцами, например, с оценкой числа групп, которые могут быть выданы предложением `GROUP BY`. Когда в `GROUP BY` указан один столбец, оценка числа различных значений (которую можно увидеть как ожидаемое число строк, выдаваемое узлом HashAggregate) очень точная:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a;
                                       QUERY PLAN

--------------------------------------------------------------------
----------------------
 HashAggregate  (cost=195.00..196.00 rows=100 width=12) (actual rows=100 loops=1)
   Group Key: a
   ->  Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=4) (actual rows=10000
 loops=1)
```

Но оценка числа групп в запросе с двумя столбцами в `GROUP BY` без многовариантной статистики, как и в предыдущем примере, отличается от правильной на порядок:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a, b;
                                       QUERY PLAN

--------------------------------------------------------------------
-------------------------
 HashAggregate  (cost=220.00..230.00 rows=1000 width=16) (actual rows=100 loops=1)
   Group Key: a, b
   ->  Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=8) (actual rows=10000
 loops=1)
```

Если переопределить объект статистики, чтобы он включал подсчёт числа различных значений для двух столбцов, оценка станет гораздо лучше:

```
DROP STATISTICS stts;
CREATE STATISTICS stts (dependencies, ndistinct) ON a, b FROM t;
ANALYZE t;
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a, b;
                                       QUERY PLAN

--------------------------------------------------------------------
-------------------------
 HashAggregate  (cost=220.00..221.00 rows=100 width=16) (actual rows=100 loops=1)
   Group Key: a, b
   ->  Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=8) (actual rows=10000
 loops=1)
```

71.2.3. Списки MCV

Как рассказывалось в Подразделе 71.2.1, статистика функциональных зависимостей очень недорога и эффективна, но имеет серьёзное ограничение, связанное с её природой (отслеживаются только зависимости на уровне столбцов, но не между отдельными значениями столбцов).

В этом разделе описываются многовариантные списки MCV (Most-Common Values, Самые частые значения), естественное расширение статистики по столбцам, описанной в Разделе 71.1. Списки MCV устраняют упомянутое ограничение, храня отдельные значения, что, разумеется, усложняет построение статистики в ходе `ANALYZE`, а также снижает скорость планирования и эффективность хранения.

Взгляните ещё раз на запрос, фигурировавший в Подразделе 71.2.1, но на этот раз со списком MCV, созданным по тем же столбцам (функциональные зависимости нужно удалить, чтобы планировщик мог использовать только новую статистику).

```
DROP STATISTICS stts;
CREATE STATISTICS stts2 (mcv) ON a, b FROM t;
ANALYZE t;
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 1;
                                   QUERY PLAN
-------------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=100 width=8) (actual rows=100 loops=1)
   Filter: ((a = 1) AND (b = 1))
   Rows Removed by Filter: 9900
```

Оценка оказывается такой же точной, как и с функциональными зависимостями, во многом благодаря тому, что таблица достаточно мала и характеризуется простым распределением с небольшим количеством уникальных значений. Прежде чем перейти ко второму запросу, в котором функциональные зависимости показали себя не очень хорошо, давайте просмотрим список MCV.

Просмотреть список MCV можно с помощью возвращающей множество функции `pg_mcv_list_items`.

```
SELECT m.* FROM pg_statistic_ext join pg_statistic_ext_data on (oid = stxoid),
                pg_mcv_list_items(stxdmcv) m WHERE stxname = 'stts2';
 index |  values  | nulls | frequency | base_frequency
-------+----------+-------+-----------+----------------
     0 | {0, 0}   | {f,f} |      0.01 |         0.0001
     1 | {1, 1}   | {f,f} |      0.01 |         0.0001
   ...
    49 | {49, 49} | {f,f} |      0.01 |         0.0001
    50 | {50, 50} | {f,f} |      0.01 |         0.0001
   ...
    97 | {97, 97} | {f,f} |      0.01 |         0.0001
    98 | {98, 98} | {f,f} |      0.01 |         0.0001
    99 | {99, 99} | {f,f} |      0.01 |         0.0001
(100 rows)
```

Полученная информация подтверждает, что два столбца содержат 100 уникальных комбинаций значений и что эти столбцы скорее всего равны (частота каждой комбинации — 1%). Базовая частота вычисляется, исходя из частот значений отдельных столбцов, без учёта наличия статистики по нескольким столбцам. Если бы в одном из столбцов оказались значения NULL, это было бы отражено в столбце `nulls`.

Оценивая избирательность, планировщик применяет все условия к элементам списка MCV и суммирует частоты тех, которые этим условиям удовлетворяют. За подробностями обратитесь к описанию функции `mcv_clauselist_selectivity` в `src/backend/statistics/mcv.c`.

В сравнении с функциональными зависимостями списки MCV имеют два важных преимущества. Во-первых, в этих списках хранятся фактические значения, что позволяет определить, какие комбинации являются совместимыми.

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 10;
                                 QUERY PLAN
---------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=1 width=8) (actual rows=0 loops=1)
   Filter: ((a = 1) AND (b = 10))
   Rows Removed by Filter: 10000
```

Во-вторых, списки MCV подходят для более широкого ассортимента условий, а не только для сравнений, как функциональные зависимости. Например, взгляните на запрос с диапазоном значений, выполняемый с той же таблицей:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a <= 49 AND b > 49;
                                QUERY PLAN
---------------------------------------------------------------------------
 Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=1 width=8) (actual rows=0 loops=1)
```

```
Filter: ((a <= 49) AND (b > 49))
Rows Removed by Filter: 10000
```

71.3. Статистика планировщика и безопасность

Доступ к таблице pg_statistic разрешён только суперпользователям, так что обычные пользователи не могут получить из неё сведения о содержимом таблиц других пользователей. Но некоторые функции оценки избирательности будут использовать пользовательский оператор (оператор, фигурирующий в запросе, или связанный) для анализа сохранённой статистики. Например, чтобы определить применимость сохранённого самого частого значения, функция оценки избирательности должна задействовать соответствующий оператор = для сравнения константы в запросе с этим сохранённым значением. Таким образом, данные pg_statistic в принципе могут передаваться пользовательским операторам. А особым образом сконструированный оператор может выводить наружу передаваемые ему операнды преднамеренно (например, записывая их в журнал или помещая в другую таблицу) либо непреднамеренно (показывая их значения в сообщениях об ошибках). В любом случае это даёт возможность пользователю, не имеющему доступа к таблице pg_statistic, увидеть содержащиеся в ней данные.

Для предотвращения этого все встроенные функции оценки избирательности действуют по следующим правилам. Чтобы сохранённая статистика могла использоваться при планировании запроса, текущий пользователь должен иметь либо право SELECT для таблицы или задействованных столбцов, либо у оператора должна быть характеристика LEAKPROOF (точнее, она должна быть у функции, реализующей этот оператор). В противном случае оценка избирательности будет осуществляться так, как если бы статистики не было вовсе, и планировщик продолжит работу с общими или вторичными предположениями.

Если пользователь не имеет требуемого права доступа к таблице или столбцам, то во многих случаях при выполнении запроса в конце концов возникнет ошибка «нет доступа», так что этот механизм будет незаметен на практике. Но если пользователь читает данные из представления с барьером безопасности, планировщик может захотеть проверить статистику нижележащей таблицы, которая недоступна пользователю непосредственно. В этом случае оператор должен быть герметичным; иначе статистика не будет использоваться. Это не будет иметь внешних проявлений кроме того, что план запроса может быть неоптимальным. В случае подозрений, что вы столкнулись с этим, попробуйте запустить запрос от имени пользователя с расширенными правами и проверьте, не выбирается ли другой план запроса.

Это ограничение применяется только тогда, когда планировщику может потребоваться выполнить пользовательский оператор с одним или несколькими значениями из pg_statistic. При этом планировщику разрешено использовать общую статистическую информацию, например, процент значений NULL или количество различных значений в столбце, вне зависимости от прав доступа.

Реализуемые в дополнительных расширениях функции оценки избирательности, которые могут обращаться к статистике, вызывая пользовательские операторы, должны следовать тем же правилам безопасности. За практическими указаниями обратитесь к исходному коду PostgreSQL.

Глава 72. Формат манифеста копии

Манифест копии формируется программой pg_basebackup и предназначен в первую очередь для того, чтобы копию можно было проверить с помощью pg_verifybackup. Однако и другие программные средства могут прочитать файл манифеста и использовать содержащуюся в нём информацию для своих целей. В данной главе описывается формат файла манифеста.

Манифест копии представляет собой документ JSON в кодировке в UTF-8. (Хотя сам стандарт JSON требует, чтобы документы были представлены в Unicode, PostgreSQL позволяет представлять значения `json` и `jsonb` в любой поддерживаемой сервером кодировке. Для манифестов копий такое исключение не делается.) Этот документ JSON всегда содержит один объект; ключи этого объекта описаны в следующем разделе.

72.1. Объект верхнего уровня в манифесте

Документ JSON, представляющий манифест копии, содержит следующие ключи.

`PostgreSQL-Backup-Manifest-Version`

Связанное с этим ключом значение всегда равно 1.

`Files`

С этим ключом всегда связан список объектов, каждый из которых описывает файл, имеющийся в копии. В этом списке отсутствуют записи о файлах WAL, требующихся для использования копии, а также о самом манифесте. Структура каждого объекта в этом списке описана в Разделе 72.2.

`WAL-Ranges`

С этим ключом всегда связан список объектов, каждый из которых описывает диапазон записей WAL, которые необходимо прочитать для определённой линии времени, чтобы можно было восстановить эту копию. Структура этих объектов подробнее описана в Разделе 72.3.

`Manifest-Checksum`

Этот ключ всегда находится в последней строке файла манифеста. Связанное с ним значение содержит контрольную сумму всех предыдущих строк, вычисленную по алгоритму SHA256. Здесь используется фиксированный алгоритм, чтобы клиенты могли разобрать манифест последовательно. Алгоритм SHA256 имеет большую вычислительную сложность, чем CRC32C, но манифест обычно имеет достаточно скромный размер, так что эти дополнительные вычисления не должны играть большой роли.

72.2. Объект файла в манифесте

Этот объект описывает один файл и обычно содержит ключ `Path` либо может содержать ключ `Encoded-Path`. Связанное с этим ключом значение задаёт путь к файлу относительно корневого каталога копии. Для файлов, расположенных в пользовательских табличных пространствах, первыми компонентами пути будут `pg_tblspc` и OID табличного пространства. Если путь задаётся строкой не в кодировке UTF-8 или пользователь выбрал вариант кодирования всех путей файлов, вместо ключа `Path` присутствует `Encoded-Path`. Он имеет то же содержимое, но закодированное в виде строки шестнадцатеричных цифр, каждая пара которых представляет один байт.

Всегда присутствуют следующие ключи:

`Size`

Ожидаемый размер файла, в виде целого числа.

`Last-Modified`

Дата последнего изменения файла, полученная на сервере во время создания копии. В отличие от других полей, хранящихся в манифесте, это поле не используется программой pg_verifybackup. Оно добавлено исключительно для информации.

Если копия была сделана с контрольными суммами, будут присутствовать следующие ключи:

`Checksum-Algorithm`

Алгоритм, который применялся для подсчёта контрольной суммы этого файла. В настоящее время алгоритм будет одинаковым для всех файлов в манифесте копии, но в будущих выпусках это может измениться. На данный момент поддерживаются алгоритмы `CRC32C`, `SHA224`, `SHA256`, `SHA384` и `SHA512`.

`Checksum`

Контрольная сумма этого файла, представленная в виде последовательности шестнадцатеричных цифр, по две на каждый байт значения.

72.3. Объект диапазона WAL в манифесте копии

Объект, описывающий диапазон WAL, всегда содержит три ключа:

`Timeline`

Линия времени, к которой относится этот диапазон записей WAL, в виде целого числа.

`Start-LSN`

Позиция LSN, с которой должно начаться воспроизведение на указанной линии времени, чтобы эту копию можно было восстановить. LSN хранится в формате, принятом в PostgreSQL; то есть в виде двух строк, разделённых косой чертой и содержащих от 1 до 6 шестнадцатеричных символов.

`End-LSN`

Самый первый LSN, на котором может закончиться воспроизведение на указанной линии времени при восстановлении этой копии. Он хранится в том же формате, что и `Start-LSN`.

Обычно в манифесте описывается всего один диапазон WAL. Но если копия была сделана с ведомого сервера, переключившего линии времени во время повышения, в манифесте могут присутствовать несколько диапазонов, относящихся к разным линиям времени. К одной линии времени может относиться только один диапазон WAL.

Часть VIII. Приложения

Приложение A. Коды ошибок PostgreSQL

Всем сообщениям, которые выдаёт сервер PostgreSQL, назначены пятисимвольные коды ошибок, соответствующие кодам «SQLSTATE», описанным в стандарте SQL. Приложения, которые должны знать, какое условие ошибки имело место, обычно проверяют код ошибки и только потом обращаются к текстовому сообщению об ошибке. Коды ошибок, скорее всего, не изменятся от выпуска к выпуску PostgreSQL, и они не меняются при локализации как сообщения об ошибках. Заметьте, что отдельные, но не все коды ошибок, которые выдаёт PostgreSQL, определены стандартом SQL; некоторые дополнительные коды ошибок для условий, не описанных стандартом, были добавлены независимо или позаимствованы из других баз данных.

Согласно стандарту, первые два символа кода ошибки обозначают класс ошибок, а последние три символа обозначают определённое условие в этом классе. Таким образом, приложение, не знающее значение определённого кода ошибки, всё же может понять, что делать, по классу ошибки.

В Таблице A.1 перечислены все коды ошибок, определённые в PostgreSQL 13.22. (Некоторые коды в настоящее время не используются, хотя они определены в стандарте SQL.) Также показаны классы ошибок. Для каждого класса ошибок имеется «стандартный» код ошибки с последними тремя символами `000`. Этот код выдаётся только для таких условий ошибок, которые относятся к некоторому классу, но не имеют более определённого кода.

Символ, указанный в столбце «Имя условия», определяет условие в PL/pgSQL. Имена условий могут записываться в верхнем или нижнем регистре. (Заметьте, что PL/pgSQL, в отличие от ошибок, не распознаёт предупреждения; то есть классы 00, 01 и 02.)

Для некоторых типов ошибок сервер сообщает имя объекта базы данных (таблица, столбец таблицы, тип данных или ограничение), связанного с ошибкой; например, имя уникального ограничения, вызвавшего ошибку `unique_violation`. Такие имена передаются в отдельных полях сообщения об ошибке, чтобы приложениям не пришлось извлекать его из возможно локализованного текста ошибки для человека. На момент выхода PostgreSQL 9.3 полностью охватывались только ошибки класса SQLSTATE 23 (нарушения ограничений целостности), но в будущем должны быть охвачены и другие классы.

Таблица A.1. Коды ошибок PostgreSQL

Код ошибки	Имя условия
Класс 00 — Успешное завершение	
`00000`	`successful_completion`
Класс 01 — Предупреждение	
`01000`	`warning`
`0100C`	`dynamic_result_sets_returned`
`01008`	`implicit_zero_bit_padding`
`01003`	`null_value_eliminated_in_set_function`
`01007`	`privilege_not_granted`
`01006`	`privilege_not_revoked`
`01004`	`string_data_right_truncation`
`01P01`	`deprecated_feature`
Класс 02 — Нет данных (это также класс предупреждений согласно стандарту SQL)	
`02000`	`no_data`
`02001`	`no_additional_dynamic_result_sets_returned`

Код ошибки	Имя условия
Класс 03 — SQL-оператор ещё не завершён	
03000	sql_statement_not_yet_complete
Класс 08 — Исключение, связанное с подключением	
08000	connection_exception
08003	connection_does_not_exist
08006	connection_failure
08001	sqlclient_unable_to_establish_sqlconnection
08004	sqlserver_rejected_establishment_of_sqlconnection
08007	transaction_resolution_unknown
08P01	protocol_violation
Класс 09 — Исключение с действием триггера	
09000	triggered_action_exception
Класс 0A — Неподдерживаемая функциональность	
0A000	feature_not_supported
Класс 0B — Неверное начало транзакции	
0B000	invalid_transaction_initiation
Класс 0F — Исключение с указателем на данные	
0F000	locator_exception
0F001	invalid_locator_specification
Класс 0L — Неверный праводатель	
0L000	invalid_grantor
0LP01	invalid_grant_operation
Класс 0P — Неверное указание роли	
0P000	invalid_role_specification
Класс 0Z — Исключение диагностики	
0Z000	diagnostics_exception
0Z002	stacked_diagnostics_accessed_without_active_handler
Класс 20 — Case не найден	
20000	case_not_found
Класс 21 — Нарушение количества	
21000	cardinality_violation
Класс 22 — Исключение в данных	
22000	data_exception
2202E	array_subscript_error
22021	character_not_in_repertoire
22008	datetime_field_overflow
22012	division_by_zero
22005	error_in_assignment
2200B	escape_character_conflict

Код ошибки	Имя условия
22022	indicator_overflow
22015	interval_field_overflow
2201E	invalid_argument_for_logarithm
22014	invalid_argument_for_ntile_function
22016	invalid_argument_for_nth_value_function
2201F	invalid_argument_for_power_function
2201G	invalid_argument_for_width_bucket_function
22018	invalid_character_value_for_cast
22007	invalid_datetime_format
22019	invalid_escape_character
2200D	invalid_escape_octet
22025	invalid_escape_sequence
22P06	nonstandard_use_of_escape_character
22010	invalid_indicator_parameter_value
22023	invalid_parameter_value
22013	invalid_preceding_or_following_size
2201B	invalid_regular_expression
2201W	invalid_row_count_in_limit_clause
2201X	invalid_row_count_in_result_offset_clause
2202H	invalid_tablesample_argument
2202G	invalid_tablesample_repeat
22009	invalid_time_zone_displacement_value
2200C	invalid_use_of_escape_character
2200G	most_specific_type_mismatch
22004	null_value_not_allowed
22002	null_value_no_indicator_parameter
22003	numeric_value_out_of_range
2200H	sequence_generator_limit_exceeded
22026	string_data_length_mismatch
22001	string_data_right_truncation
22011	substring_error
22027	trim_error
22024	unterminated_c_string
2200F	zero_length_character_string
22P01	floating_point_exception
22P02	invalid_text_representation
22P03	invalid_binary_representation
22P04	bad_copy_file_format
22P05	untranslatable_character

Код ошибки	**Имя условия**
2200L	not_an_xml_document
2200M	invalid_xml_document
2200N	invalid_xml_content
2200S	invalid_xml_comment
2200T	invalid_xml_processing_instruction
22030	duplicate_json_object_key_value
22031	invalid_argument_for_sql_json_datetime_function
22032	invalid_json_text
22033	invalid_sql_json_subscript
22034	more_than_one_sql_json_item
22035	no_sql_json_item
22036	non_numeric_sql_json_item
22037	non_unique_keys_in_a_json_object
22038	singleton_sql_json_item_required
22039	sql_json_array_not_found
2203A	sql_json_member_not_found
2203B	sql_json_number_not_found
2203C	sql_json_object_not_found
2203D	too_many_json_array_elements
2203E	too_many_json_object_members
2203F	sql_json_scalar_required
Класс 23 — Нарушение ограничения целостности	
23000	integrity_constraint_violation
23001	restrict_violation
23502	not_null_violation
23503	foreign_key_violation
23505	unique_violation
23514	check_violation
23P01	exclusion_violation
Класс 24 — Неверное состояние курсора	
24000	invalid_cursor_state
Класс 25 — Неверное состояние транзакции	
25000	invalid_transaction_state
25001	active_sql_transaction
25002	branch_transaction_already_active
25008	held_cursor_requires_same_isolation_level
25003	inappropriate_access_mode_for_branch_transaction
25004	inappropriate_isolation_level_for_branch_transaction
25005	no_active_sql_transaction_for_branch_transaction

Код ошибки	Имя условия
25006	read_only_sql_transaction
25007	schema_and_data_statement_mixing_not_supported
25P01	no_active_sql_transaction
25P02	in_failed_sql_transaction
25P03	idle_in_transaction_session_timeout
Класс 26 — Неверное имя SQL-оператора	
26000	invalid_sql_statement_name
Класс 27 — Нарушение при изменении данных в триггере	
27000	triggered_data_change_violation
Класс 28 — Неверное указание авторизации	
28000	invalid_authorization_specification
28P01	invalid_password
Класс 2B — Зависимые описания привилегий всё ещё существуют	
2B000	dependent_privilege_descriptors_still_exist
2BP01	dependent_objects_still_exist
Класс 2D — Неверное завершение транзакции	
2D000	invalid_transaction_termination
Класс 2F — Исключение в подпрограмме SQL	
2F000	sql_routine_exception
2F005	function_executed_no_return_statement
2F002	modifying_sql_data_not_permitted
2F003	prohibited_sql_statement_attempted
2F004	reading_sql_data_not_permitted
Класс 34 — Неверное имя курсора	
34000	invalid_cursor_name
Класс 38 — Исключение во внешней подпрограмме	
38000	external_routine_exception
38001	containing_sql_not_permitted
38002	modifying_sql_data_not_permitted
38003	prohibited_sql_statement_attempted
38004	reading_sql_data_not_permitted
Класс 39 — Исключение при вызове внешней подпрограммы	
39000	external_routine_invocation_exception
39001	invalid_sqlstate_returned
39004	null_value_not_allowed
39P01	trigger_protocol_violated
39P02	srf_protocol_violated
39P03	event_trigger_protocol_violated
Класс 3B — Исключение точки сохранения	

Код ошибки	Имя условия
3B000	savepoint_exception
3B001	invalid_savepoint_specification
Класс 3D — Неверное имя каталога	
3D000	invalid_catalog_name
Класс 3F — Неверное имя схемы	
3F000	invalid_schema_name
Класс 40 — Откат транзакции	
40000	transaction_rollback
40002	transaction_integrity_constraint_violation
40001	serialization_failure
40003	statement_completion_unknown
40P01	deadlock_detected
Класс 42 — Ошибка синтаксиса или нарушение правила доступа	
42000	syntax_error_or_access_rule_violation
42601	syntax_error
42501	insufficient_privilege
42846	cannot_coerce
42803	grouping_error
42P20	windowing_error
42P19	invalid_recursion
42830	invalid_foreign_key
42602	invalid_name
42622	name_too_long
42939	reserved_name
42804	datatype_mismatch
42P18	indeterminate_datatype
42P21	collation_mismatch
42P22	indeterminate_collation
42809	wrong_object_type
428C9	generated_always
42703	undefined_column
42883	undefined_function
42P01	undefined_table
42P02	undefined_parameter
42704	undefined_object
42701	duplicate_column
42P03	duplicate_cursor
42P04	duplicate_database
42723	duplicate_function

Код ошибки	Имя условия
42P05	duplicate_prepared_statement
42P06	duplicate_schema
42P07	duplicate_table
42712	duplicate_alias
42710	duplicate_object
42702	ambiguous_column
42725	ambiguous_function
42P08	ambiguous_parameter
42P09	ambiguous_alias
42P10	invalid_column_reference
42611	invalid_column_definition
42P11	invalid_cursor_definition
42P12	invalid_database_definition
42P13	invalid_function_definition
42P14	invalid_prepared_statement_definition
42P15	invalid_schema_definition
42P16	invalid_table_definition
42P17	invalid_object_definition
Класс 44 — Нарушение WITH CHECK OPTION	
44000	with_check_option_violation
Класс 53 — Нехватка ресурсов	
53000	insufficient_resources
53100	disk_full
53200	out_of_memory
53300	too_many_connections
53400	configuration_limit_exceeded
Класс 54 — Превышение ограничения программы	
54000	program_limit_exceeded
54001	statement_too_complex
54011	too_many_columns
54023	too_many_arguments
Класс 55 — Объект не в требуемом состоянии	
55000	object_not_in_prerequisite_state
55006	object_in_use
55P02	cant_change_runtime_param
55P03	lock_not_available
55P04	unsafe_new_enum_value_usage
Класс 57 — Вмешательство оператора	
57000	operator_intervention

Код ошибки	Имя условия
57014	query_canceled
57P01	admin_shutdown
57P02	crash_shutdown
57P03	cannot_connect_now
57P04	database_dropped
Класс 58 — Ошибка системы (ошибка, внешняя по отношению к PostgreSQL)	
58000	system_error
58030	io_error
58P01	undefined_file
58P02	duplicate_file
Класс 72 — Ошибка снимка	
72000	snapshot_too_old
Класс F0 — Ошибка файла конфигурации	
F0000	config_file_error
F0001	lock_file_exists
Класс HV — Ошибка обёртки сторонних данных (SQL/MED)	
HV000	fdw_error
HV005	fdw_column_name_not_found
HV002	fdw_dynamic_parameter_value_needed
HV010	fdw_function_sequence_error
HV021	fdw_inconsistent_descriptor_information
HV024	fdw_invalid_attribute_value
HV007	fdw_invalid_column_name
HV008	fdw_invalid_column_number
HV004	fdw_invalid_data_type
HV006	fdw_invalid_data_type_descriptors
HV091	fdw_invalid_descriptor_field_identifier
HV00B	fdw_invalid_handle
HV00C	fdw_invalid_option_index
HV00D	fdw_invalid_option_name
HV090	fdw_invalid_string_length_or_buffer_length
HV00A	fdw_invalid_string_format
HV009	fdw_invalid_use_of_null_pointer
HV014	fdw_too_many_handles
HV001	fdw_out_of_memory
HV00P	fdw_no_schemas
HV00J	fdw_option_name_not_found
HV00K	fdw_reply_handle
HV00Q	fdw_schema_not_found

Код ошибки	Имя условия
HV00R	fdw_table_not_found
HV00L	fdw_unable_to_create_execution
HV00M	fdw_unable_to_create_reply
HV00N	fdw_unable_to_establish_connection
Класс P0 — Ошибка PL/pgSQL	
P0000	plpgsql_error
P0001	raise_exception
P0002	no_data_found
P0003	too_many_rows
P0004	assert_failure
Класс XX — Внутренняя ошибка	
XX000	internal_error
XX001	data_corrupted
XX002	index_corrupted

Приложение B. Поддержка даты и времени

PostgreSQL использует внутренний эвристический анализатор для поддержки всех значений даты и времени. Дата и время вводятся как строки и разделяются на различные поля, при этом предварительно определяется, какого рода информация содержится в конкретном поле. Каждое поле интерпретируется и получает числовое значение, игнорируется или отклоняется. Анализатор содержит внутренние справочные таблицы для текстовых полей, включая месяцы, дни недели и часовые пояса.

Данное приложение включает информацию о содержании справочных таблиц и описывает этапы, необходимые анализатору для распознавания даты и времени.

B.1. Интерпретация данных даты и времени

Строки с датой/временем разбираются при вводе по следующему алгоритму.

1. Разделить входную строку на фрагменты и определить каждый фрагмент как строку, время, часовой пояс или цифру.

   a. Если числовой фрагмент содержит двоеточие (`:`), значит эта строка представляет время. Включаются все последующие цифры и двоеточия.

   b. Если числовой фрагмент содержит тире (`-`), косую черту (`/`) или две и более точек (`.`), то это строка даты, которая, возможно, включает название месяца. Если фрагмент даты уже встречался, он интерпретируется как название часового пояса (например, `America/New_York`).

   c. Если этот фрагмент является лишь числом, он представляет собой отдельное поле или составную дату ISO 8601 (например, `19990113` для 13 января 1999 года) или время (например, `141516` для 14:15:16).

   d. Если фрагмент начинается с плюса (`+`) или минуса (`-`), то это или числовой часовой пояс или специальное поле.

2. Если фрагмент содержит только буквы, сопоставить его с возможными строками:

   a. Проверить, не совпадает ли фрагмент с известной аббревиатурой часового пояса. Эти аббревиатуры считываются из файла конфигурации, описанного в Разделе B.4.

   b. Если фрагмент не найден, проверить во внутренней таблице, не совпадает ли он со специальной строкой (например, `today`), днём недели (например, `Thursday`), месяцем (например, `January`) или игнорируемым словом (например, `at`, `on`).

   c. Если фрагмент всё же не найден, выдать ошибку.

3. Когда фрагмент является числом или числовым полем:

   a. Если получено восемь или шесть цифр и никакое другое поле даты ранее не было прочитано, интерпретировать их как «составленную дату» (например, `19990118` или `990118`). Такая дата интерпретируется как `ГГГГММДД` или `ГГММДД`.

   b. Если фрагмент представляет собой трёхзначное число, и год уже был прочитан, интерпретировать как день года.

   c. Если это четыре или шесть цифр и год уже был прочитан, интерпретировать как время (`ЧЧММ` или `ЧЧММСС`).

   d. Если найдены три или более цифр, а поля даты ещё не были найдены, интерпретировать как год (это ведёт к установке порядка гг-мм-дд для оставшихся полей даты).

   e. В противном случае подразумевается, что порядок сортировки полей даты определяется значением `DateStyle`: мм-дд-гг, дд-мм-гг или гг-мм-дд. Выдать ошибку, если оказалось, что поле месяца или дня вышло за пределы диапазона.

4. Если указан год до н. э., отнять год и добавить единицу для внутреннего хранения. (В григорианском календаре отсутствует нулевой год, поэтому 1 год до н. э. становится нулевым.)
5. Если год до н. э. не был указан, и если поле года имело два разряда, установить для записи года четыре разряда. Если поле меньше 70, добавить 2000, в противном случае добавить 1900.

> **Подсказка**
>
> Годы 1–99 н. э. по григорианскому календарю могут вводиться в виде четырёхзначного числа с начальными нулями (например, `0099` — 99 год н. э.).

B.2. Обработка недопустимых или неоднозначных значений даты/времени

Обычно, если строка даты/времени синтаксически корректна, но содержит поля со значениями вне допустимого диапазона, выдаётся ошибка. Например, не будет принята строка с числом 31 февраля.

Однако с учётом перевода часов на летнее время визуально корректная строка с датой/временем может указывать не несуществующий или неоднозначный момент времени. Такие значения тем не менее принимаются; для разрешения неоднозначности учитывается смещение от UTC. Например, в предположении, что значение TimeZone — `America/New_York`, рассмотрите следующий пример:

```
=> SELECT '2018-03-11 02:30'::timestamptz;
      timestamptz
------------------------
 2018-03-11 03:30:00-04
(1 row)
```

Так как в этот день в данном часовом поясе стрелки часов переводились вперёд, по гражданским часам не существовал момент времени 2:30; они перескочили с 2:00 (EST) на 3:00 (EDT). PostgreSQL воспринимает заданное время, как если бы оно было стандартным временем (в часовом поясе UTC-5), в результате чего оно преобразуется в 3:30AM (в часовом поясе EDT или UTC-4).

И наоборот, рассмотрите поведение в случае перевода времени назад:

```
=> SELECT '2018-11-04 01:30'::timestamptz;
      timestamptz
------------------------
 2018-11-04 01:30:00-05
(1 row)
```

В этот день возможны две интерпретации времени 1:30; сначала было 1:30 в часовом поясе EDT, а час спустя, после перевода часов назад с 2:00 на 1:00 и смены часового пояса с EDT на EST, наступило 1:30 в часовом поясе EST. Так же и в этом случае PostgreSQL интерпретирует заданное время, как если бы оно было стандартным (UTC-5). Мы можем выбрать другой момент, указав часовой пояс летнего времени:

```
=> SELECT '2018-11-04 01:30 EDT'::timestamptz;
      timestamptz
------------------------
 2018-11-04 01:30:00-04
(1 row)
```

Точное правило, применяемое в таких случаях, звучит так: несуществующий момент времени, попадающий в интервал перевода часов вперёд, привязывается к смещению от UTC, действовавшему в данном часовом поясе до перевода, а неоднозначный момент времени, попадающий в оба интервала при переводе часов назад, привязывается к смещению от UTC, действующему после перевода. Для большинства часовых поясов это равносильно правилу «в случае неясности предпочитать интерпретацию со стандартным временем».

В любом случае смещение от UTC, связанное с меткой времени, можно задать явно, добавив либо числовое смещение, либо аббревиатуру часового пояса, которой соответствует некоторое фиксированное смещение. Вышеприведённое правило применяется, только когда необходимо вычислить смещение от UTC для часового пояса, в котором оно меняется.

B.3. Ключевые слова для обозначения даты и времени

Таблица B.1 показывает фрагменты, которые распознаются как названия месяцев.

Таблица B.1. Названия месяцев

Месяц	Аббревиатуры
January	Jan
February	Feb
March	Mar
April	Apr
May	
June	Jun
July	Jul
August	Aug
September	Sep, Sept
October	Oct
November	Nov
December	Dec

Таблица B.2 показывает фрагменты, которые распознаются как названия дней недели.

Таблица B.2. Названия дней недели

День	Аббревиатуры
Sunday	Sun
Monday	Mon
Tuesday	Tue, Tues
Wednesday	Wed, Weds
Thursday	Thu, Thur, Thurs
Friday	Fri
Saturday	Sat

Таблица B.3 показывает фрагменты, которые выполняют различные функции модификаторов.

Таблица B.3. Модификаторы поля даты/времени

Идентификатор	Описание
`AM`	Время до 12:00
`AT`	Игнорируется
`JULIAN`, `JD`, `J`	Следующее поле является юлианской датой

Идентификатор	Описание
`ON`	Игнорируется
`PM`	Время 12:00 и более позднее
`T`	Следующее поле указывает на время

B.4. Файлы конфигурации даты/времени

Поскольку аббревиатуры часовых поясов недостаточно стандартизированы, PostgreSQL предлагает средства для определения набора аббревиатур, принимаемых сервером. Параметром выполнения timezone_abbreviations определяется активный набор аббревиатур. Хотя данный параметр может быть изменён любым пользователем базы данных, возможные значения для него контролируются администратором базы данных и являются именами конфигурационных файлов, хранящихся в `.../share/timezonesets/` каталога установки. Добавляя или изменяя файлы в этом каталоге, администратор может определить местную специфику выбора аббревиатур часовых поясов.

Значение `timezone_abbreviations` может быть установлено в любое имя файла, находящегося в `.../share/timezonesets/`, если имя файла состоит только из букв. (Запрет на использование небуквенных символов в `timezone_abbreviations` делает невозможным чтение файлов, находящихся вне заданного каталога, а также резервных файлов редактора и прочих внешних файлов.)

Файл аббревиатур часовых поясов может содержать пустые строки и комментарии, начинающиеся с `#`. Строки, не имеющие комментариев, должны иметь один из следующих форматов:

```
аббревиатура_пояса смещение
аббревиатура_пояса смещение D
аббревиатура_пояса имя_часового_пояса
@INCLUDE имя_файла
@OVERRIDE
```

Поле *аббревиатура_пояса* лишь задаёт определяемую аббревиатуру. *Смещение* — это целое число, задающее эквивалентное смещение от UTC в секундах, положительное — к востоку от Гринвичского меридиана, а отрицательное — к западу. Например, -18000 означало бы пять часов к западу от Гринвича, или Североамериканское восточное время. `D` указывает, что название пояса представляет местное летнее, а не поясное время.

В качестве альтернативы может быть задано *имя_часового_пояса*, определённое в базе данных часовых поясов IANA. В этом случае система обращается к определению пояса, чтобы выяснить, используется или использовалась ли аббревиатура для этого пояса, и если да, действовать будет соответствующее значение — то есть, значение, действовавшее в указанный момент времени, или действовавшее непосредственно перед ним, если текущее на тот момент неизвестно, либо самое старое значение, если первое определение появилось после этого момента. Это поведение важно для тех аббревиатур, значение которых менялось в ходе истории. Также допускается определение аббревиатуры через имя часового пояса, с которым эта аббревиатура не связана; в таком случае использование аббревиатуры равнозначно написанию просто имени пояса.

> **Подсказка**
>
> Простое целочисленное *смещение* предпочтительнее использовать, когда определяется аббревиатура, смещение которой от UTC никогда не менялось, так как обрабатывать подобные аббревиатуры гораздо легче, чем те, что требуют обращения к определению часового пояса.

Использование `@INCLUDE` позволяет включить другой файл в каталоге `.../share/timezonesets/`. Включение может быть вложенным до ограниченной глубины.

Использование `@OVERRIDE` указывает, что последующие записи в файле могут переопределять предыдущие (как правило, это записи, полученные из включённых файлов). Без этого указания конфликтующие определения аббревиатуры одного и того же часового пояса считаются ошибкой.

При установке без внесения изменений, файл `Default` содержит все неконфликтующие аббревиатуры часовых поясов для большей части земного шара. Дополнительные файлы `Australia` и `India` предоставляются для данных регионов. Эти файлы сначала включают файл `Default`, а затем добавляют и изменяют аббревиатуры по мере необходимости.

В качестве справочной информации стандартная установка также содержит файлы `Africa.txt`, `America.txt` и т. д., содержащие информацию о каждой используемой аббревиатуре часового пояса, включённой в базу данных часовых поясов IANA. Определения названий часовых поясов, находящиеся в этих файлах, можно копировать и помещать в файл с нестандартной конфигурацией по мере необходимости. Заметьте, что данные файлы нельзя указывать непосредственно в значении `timezone_abbreviations`, так как их имена включают точку.

> **Примечание**
>
> Если при чтении набора аббревиатур часовых поясов возникает ошибка, новое значение не применяется и сохраняется старый набор. Если ошибка возникает при запуске базы данных, происходит сбой.

> **Внимание**
>
> Аббревиатуры часового пояса, определённые в файле конфигурации, переопределяют не относящиеся к часовому поясу значения, встроенные в PostgreSQL. Например, файл конфигурации `Australia` определяет `SAT` (для Южноавстралийского стандартного времени, South Australian Standard Time). Когда этот файл активен, `SAT` не будет распознаваться как сокращение слова «суббота».

> **Внимание**
>
> Если вы модифицируете файлы в `.../share/timezonesets/`, вы можете сами выполнить резервное копирование, так как обычный дамп базы данных не содержит этот каталог.

B.5. Указание часовых поясов в стиле POSIX

PostgreSQL может воспринимать указание часового пояса, записанное по правилам стандарта POSIX, в соответствии с которыми, в частности, задаётся переменная окружения `TZ`. Указания часовых поясов в стиле POSIX не удовлетворяют всем условиям, продиктованным сложной историей часовых поясов в реальном мире, но иногда использование этих указаний бывает оправданным.

Указание часового пояса в стиле POSIX выглядит так:

```
STD смещение [ DST [ смещение_летнего_времени ] [ , правило ] ]
```

(Для наглядности между полями добавлены пробелы, но в реальном указании их не должно быть.) В нём содержатся следующие поля:

- *`STD`* — аббревиатура, используемая для стандартного часового пояса.
- *`смещение`* — стандартное смещение пояса от UTC.
- *`DST`* — аббревиатура часового пояса при переходе на летнее время. Если это поле и следующие за ним опущены, для часового пояса будет использоваться фиксированное смещение от UTC без учёта перехода на летнее время.
- *`смещение_летнего_времени`* — смещение часового пояса от UTC при переходе на летнее время. Это поле обычно опускается, так как по умолчанию это смещение равно стандартному *`смещению`* минус один час, что практически всегда имеет место на практике.

- *правило* — определяет, как должен учитываться переход на летнее время, в соответствии с представленным ниже описанием.

В этой записи аббревиатура часового пояса может задаваться набором букв, например `EST`, или произвольной строкой, заключённой в угловые скобки, например `<UTC-05>`. Заметьте, что показанные здесь аббревиатуры используются только при выводе и только в некоторых выходных форматах. Распознаваемые во входных значениях даты/времени аббревиатуры часовых поясов описаны в Разделе B.4.

В полях смещений задаётся сдвиг от UTC в часах и, возможно, минутах и секундах. Они имеют формат *чч*[`:`*мм*[`:`*сс*]] и могут содержать спереди знак (`+` или `-`). Положительный знак имеют часовые пояса *к западу* от Гринвича. (Заметьте, что это противоположно соглашению ISO-8601, используемому в других областях PostgreSQL.) Компонент *чч* может содержать одну или две цифры, а *мм* и *сс* (если они задаются) должны состоять ровно из двух цифр.

Поле, задающее *правило* перехода на летнее время, имеет следующий формат:

дата_перехода [/ *время_перехода*] , *дата_возврата* [/ *время_возврата*]

(Как и ранее, реальное указание не должно содержать пробелы.) Поля *дата_перехода* и *время_перехода* определяют момент перехода на летнее время, а поля *дата_возврата* и *время_возврата* определяют дату возврата к поясному времени. (В некоторых регионах, в частности, в Южном полушарии, вторая дата в календаре может предшествовать первой.) Даты могут задаваться в одном из следующих форматов:

n

Простое целое, обозначающее день года, с нумерацией от нуля до 364, или 365 в високосном году.

`J`*n*

В этой записи *n* обозначает номер дня от 1 до 365, а 29 февраля пропускается, даже когда фактически присутствует. (Таким образом, смены часового пояса, происходящие 29 февраля, в этой записи выразить нельзя. Однако после февраля дни имеют одинаковые номера и в обычные, и в високосные годы, так что эта запись обычно полезнее тем, что позволяет выразить одним числом фиксированную дату перевода часов.)

`M`*m*`.`*n*`.`*d*

Эта форма задаёт дату перехода, которая всегда назначается в определённый месяц и день недели. Здесь *m* обозначает номер месяца от 1 до 12, а *n* — номер повторения в этом месяце дня недели, заданного полем *d*. В качестве *n* может задаваться число от 1 до 4 либо число 5, выбирающее последнюю дату с заданным днём недели в этом месяце (она может быть фактически четвёртой или пятой). В качестве *d* задаётся число от 0 до 6, обозначающее день недели (0 — воскресенье). Например, запись `M3.2.0` расшифровывается как «второе воскресенье марта».

Примечание

Для описания многих существующих правил перехода на летнее время обычно достаточно формата `M`. Но заметьте, что ни одна из этих вариаций не позволяет описать изменения правил перевода часов. Поэтому на практике для правильной интерпретации значений времени, относящихся к прошлому, необходимы исторические данные, хранящиеся в привязке к именованным часовым поясам (в базе данных IANA с информацией о часовых поясах).

Поля времени в описании правила перехода имеют тот же формат, что и поля смещений, описанные ранее, за исключением того, что в них не может быть знака. Они определяют текущее местное время, в которое производится перевод часов. По умолчанию временем перевода часов считается `02:00:00`.

Если задаётся аббревиатура для летнего времени, но *правило* перехода не задано, в качестве правила по умолчанию используется `M3.2.0,M11.1.0`, что соответствует существующему в США в 2020 г. порядку. То есть часы переводятся на летнее время во второе воскресенье марта, а на зимнее — в первое воскресенье ноября, в два часа по действующему времени. Заметьте, что это правило даёт правильные даты для США только с 2007 г.

Например, запись `CET-1CEST,M3.5.0,M10.5.0/3` отражает действующую в 2020 г. практику перевода часов в Париже. Это указание говорит, что стандартное поясное время имеет аббревиатуру `CET` и оно смещено на час вперёд (к востоку) от UTC; летнее время имеет аббревиатуру `CEST` и смещено вперед от UTC на два часа (это определяется неявно). Часы переводятся на летнее время в последнее воскресенье марта в 2:00 CET, а на зимнее — в последнее воскресенье октября в 3:00 CEST.

Названия четырёх часовых поясов `EST5EDT`, `CST6CDT`, `MST7MDT` и `PST8PDT` выглядят как определяющие часовые пояса в стиле POSIX, но в реальности по историческим причинам они воспринимаются как имена часовых поясов, наравне с другими, так как в базе данных IANA есть файлы с такими именами. Практическое следствие этого состоит в том, что для данных имён может быть получена историческая информация о действовавших правилах перехода на летнее время в США, которую не может дать обычное указание в стиле POSIX.

Имейте в виду, что ошибиться в указании часового пояса в стиле POSIX очень легко, так как адекватность аббревиатуры никак не проверяется. Например, команда `SET TIMEZONE TO FOOBAR0` выполнится без ошибки, и система в итоге будет использовать весьма своеобразную аббревиатуру для UTC.

B.6. История единиц измерения времени

Стандарт SQL устанавливает, что «В определении „литерала типа дата-время“, „значения типа дата-время“ ограничены естественными правилами, касающимися дат и времени согласно григорианскому календарю». Следуя стандарту SQL, PostgreSQL подсчитывает даты исключительно в григорианском календаре, включая годы, когда этот календарь ещё не использовался. Это правило известно как *пролептический григорианский календарь*.

Юлианский календарь был введён Юлием Цезарем в 45 г. до н. э. Он широко использовался западной цивилизацией до 1582 года, когда страны начали переходить на григорианский календарь. В юлианском календаре тропический год длится приблизительно 365 1/4 дня = 365,25 дня. Каждые 128 лет накапливается примерно 1 день.

Накапливающаяся погрешность побудила папу Григория XIII реформировать календарь в соответствии с постановлениями Тридентского собора. В григорианском календаре тропический год длится приблизительно 365 + 97 / 400 дней = 365,2425 дней. Таком образом, погрешность в один день тропического года накапливается примерно за 3300 лет.

Приблизительное число 365+97/400 получается из-за того, что из каждых 400 лет 97 високосные. При этом действуют следующие правила:

Каждый год кратный 4 является високосным.
Однако каждый год кратный 100 не является високосным.
Тем не менее каждый год кратный 400 всё же является високосным.

Таким образом, 1700, 1800, 1900, 2100 и 2200 не являются високосными годами. Но 1600, 2000 и 2400 — високосные. А в юлианском календаре високосными считаются все годы, кратные 4.

Папская булла, изданная в феврале 1582 года, предписывала сделать октябрь 1582 года на 10 дней короче, чтобы 15 октября следовало сразу за 4 октября. Это правило соблюдалось в Италии, Польше, Португалии и Испании. Вскоре к ним присоединились и прочие католические страны, но протестантские страны вводили эти изменения неохотно, а страны греческой православной церкви не переходили на новый календарь до начала 20 века. В 1752 г. реформа была проведена в Великобритании и её доминионах (включая территорию сегодняшних Соединённых Штатов Америки).

Таким образом, за 2 сентября 1752 года следовало 14 сентября 1752 года. Поэтому в системах Unix программа `cal` выводит следующее:

```
$ cal 9 1752
   September 1752
 S  M Tu  W Th  F  S
       1  2 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 29 30
```

Но этот календарь действует только в Великобритании и доминионах. В других местах он является недействительным. Чтобы избежать сложностей и возможной путаницы при отслеживании календарей, которыми фактически пользовались в различных местах в разное время, PostgreSQL применяет правила григорианского календаря ко всем датам, даже если это нарушает историческую достоверность.

Разные календари были составлены в различных частях земного шара, многие из них до григорианской системы. Например, появление китайского календаря относится к 14 веку до н. э. Легенда гласит, что император Хуан-ди изобрёл этот календарь в 2637 г. до н. э. В Китайской Народной Республике григорианский календарь используется для официальных и коммерческих нужд. Китайский календарь используется для определения дат традиционных праздников.

B.7. Юлианские даты

Система *юлианских дат* определяет способ исчисления времени. Она не имеет отношения к юлианскому календарю, несмотря на схожее название. Система юлианских дат была предложена французским ученым Жозефом Жюстом Скалигером (1540–1609) и получила своё название, вероятно, в честь его отца, итальянского ученого Юлия Цезаря Скалигера (1484–1558).

В системе юлианских дат каждый день имеет порядковый номер, начиная с 0 (иногда его называют *номером юлианского дня*). Первый день имеет номер 0 и соответствует 1 января 4713 г. до н. э. по юлианскому календарю или 24 ноября 4714 г. до н. э. по григорианскому календарю. Юлианская дата чаще всего используется в астрономических расчётах для записи ночных наблюдений, и поэтому день длится с полудня до полудня UTC, а не с полуночи до полуночи: Первый юлианский день (JD 0) обозначает 24 часа от полудня UTC 24 ноября 4714 г. до н. э. до полудня UTC 25 ноября 4714 г. до н. э.

Хотя PostgreSQL поддерживает юлианскую дату для записи входных и выходных дат (а также использует юлианские даты для некоторых внутренних вычислений в формате дата-время), полдень не считается началом суток. PostgreSQL считает юлианский день длящимся от полуночи до полуночи, как и обычный день.

Однако если вам нужно получить астрономическое определение, это можно сделать, произведя вычисления в часовом поясе `UTC+12`. Например,

```
=> SELECT extract(julian from '2021-06-23 7:00:00-04'::timestamptz at time zone 'UTC
+12');
     date_part
--------------------
 2459388.9583333335
(1 row)
=> SELECT extract(julian from '2021-06-23 8:00:00-04'::timestamptz at time zone 'UTC
+12');
 date_part
-----------
   2459389
(1 row)
=> SELECT extract(julian from date '2021-06-23');
 date_part
-----------
```

```
   2459389
(1 row)
```

Приложение C. Ключевые слова SQL

В Таблице C.1 перечислены все слова, которые являются ключевыми в стандарте SQL и в PostgreSQL 13.22. Общее описание ключевых слов можно найти в Подразделе 4.1.1. (Для экономии места в таблицу включены только две последние версии стандарта SQL и SQL-92 для исторического сравнения. Отличия между ними и другими промежуточными версиями стандарта невелики.)

В SQL есть различие между *зарезервированными* и *незарезервированными* ключевыми словами. Согласно стандарту, действительно ключевыми словами являются только зарезервированные слова; они не могут быть идентификаторами. Незарезервированные ключевые слова имеют особое значение только в определённых контекстах и могут быть идентификаторами в других. Большинство незарезервированных ключевых слов на самом деле представляют имена встроенных таблиц и функций, определённых в SQL. Концепция незарезервированных ключевых слов собственно введена только для того, чтобы показать, что эти слова имеют некоторое предопределённое значение в отдельных контекстах.

В PostgreSQL анализатор SQL сталкивается с дополнительными сложностями. Ему приходится иметь дело с несколькими различными классами элементов языка, начиная с тех, что никогда не могут использоваться как идентификаторы, и заканчивая теми, что не имеют никаких особых отличий от обычных идентификаторов. (Последнее обычно относится к функциям, описанным в SQL.) Даже зарезервированные ключевые слова не полностью зарезервированы в PostgreSQL, а могут использоваться в качестве меток столбцов (например, можно написать `SELECT 55 AS CHECK`, хотя `CHECK` и является зарезервированным ключевым словом).

В Таблице C.1, в столбце PostgreSQL мы даём пометку «не зарезервировано» тем ключевым словам, которые явно известны анализатору запросов, но их можно использовать в качестве имени столбца или таблицы. Некоторые ключевые слова, которые недопустимы в качестве имени функции или типа данных, но в остальном не отличаются от незарезервированных слов, помечены соответственно. (Большинство из этих слов представляют встроенные функции или типы данных со специальным синтаксисом. Функции или типы с таким именем существуют, но пользователь не может их переопределить.) Метка «зарезервировано» даётся тем словам, которые не могут быть именами столбцов или таблиц. Некоторые зарезервированные ключевые слова могут быть именами функций или типов данных; это также отмечается в таблице. Если такой пометки нет, зарезервированное слово допускается только в качестве метки столбца «AS».

Вообще, если вы сталкиваетесь с разнообразными ошибками разбора команд, содержащих в качестве идентификаторов какие-либо из перечисленных ключевых слов, попробуйте для решения проблемы заключить идентификатор в кавычки.

Изучая Таблицу C.1, важно понимать, что отсутствие какого-либо ключевого слова в списке зарезервированных в PostgreSQL не означает, что функциональность, связанная с этим словом, не реализована. И наоборот, присутствие ключевого слова не обязательно говорит о наличии соответствующей функциональности.

Таблица C.1. SQL Key Words

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
`A`		non-reserved	non-reserved	
`ABORT`	non-reserved			
`ABS`		reserved	reserved	
`ABSENT`		non-reserved	non-reserved	
`ABSOLUTE`	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
`ACCESS`	non-reserved			
`ACCORDING`		non-reserved	non-reserved	
`ACOS`		reserved		

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
ACTION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
ADA		non-reserved	non-reserved	non-reserved
ADD	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
ADMIN	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
AFTER	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
AGGREGATE	non-reserved			
ALL	reserved	reserved	reserved	reserved
ALLOCATE		reserved	reserved	reserved
ALSO	non-reserved			
ALTER	non-reserved	reserved	reserved	reserved
ALWAYS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ANALYSE	reserved			
ANALYZE	reserved			
AND	reserved	reserved	reserved	reserved
ANY	reserved	reserved	reserved	reserved
ARE		reserved	reserved	reserved
ARRAY	reserved	reserved	reserved	
ARRAY_AGG		reserved	reserved	
ARRAY_MAX_CARDINALITY		reserved	reserved	
AS	reserved	reserved	reserved	reserved
ASC	reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
ASENSITIVE		reserved	reserved	
ASIN		reserved		
ASSERTION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
ASSIGNMENT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ASYMMETRIC	reserved	reserved	reserved	
AT	non-reserved	reserved	reserved	reserved
ATAN		reserved		
ATOMIC		reserved	reserved	
ATTACH	non-reserved			
ATTRIBUTE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ATTRIBUTES		non-reserved	non-reserved	
AUTHORIZATION	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
AVG		reserved	reserved	reserved
BACKWARD	non-reserved			
BASE64		non-reserved	non-reserved	
BEFORE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
BEGIN	non-reserved	reserved	reserved	reserved
BEGIN_FRAME		reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
BEGIN_PARTITION		reserved	reserved	
BERNOULLI		non-reserved	non-reserved	
BETWEEN	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
BIGINT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
BINARY	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	
BIT	non-reserved (cannot be function or type)			reserved
BIT_LENGTH				reserved
BLOB		reserved	reserved	
BLOCKED		non-reserved	non-reserved	
BOM		non-reserved	non-reserved	
BOOLEAN	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
BOTH	reserved	reserved	reserved	reserved
BREADTH		non-reserved	non-reserved	
BY	non-reserved	reserved	reserved	reserved
C		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CACHE	non-reserved			
CALL	non-reserved	reserved	reserved	
CALLED	non-reserved	reserved	reserved	
CARDINALITY		reserved	reserved	
CASCADE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
CASCADED	non-reserved	reserved	reserved	reserved
CASE	reserved	reserved	reserved	reserved
CAST	reserved	reserved	reserved	reserved
CATALOG	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
CATALOG_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CEIL		reserved	reserved	
CEILING		reserved	reserved	
CHAIN	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
CHAINING		non-reserved		
CHAR	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
CHARACTER	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
CHARACTERISTICS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
CHARACTERS		non-reserved	non-reserved	
CHARACTER_LENGTH		reserved	reserved	reserved
CHARACTER_SET_CATALOG		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CHARACTER_SET_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CHARACTER_SET_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CHAR_LENGTH		reserved	reserved	reserved
CHECK	reserved	reserved	reserved	reserved
CHECKPOINT	non-reserved			
CLASS	non-reserved			
CLASSIFIER		reserved		
CLASS_ORIGIN		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CLOB		reserved	reserved	
CLOSE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
CLUSTER	non-reserved			
COALESCE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
COBOL		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COLLATE	reserved	reserved	reserved	reserved
COLLATION	reserved (can be function or type)	non-reserved	non-reserved	reserved
COLLATION_CATALOG		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COLLATION_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COLLATION_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COLLECT		reserved	reserved	
COLUMN	reserved	reserved	reserved	reserved
COLUMNS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
COLUMN_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COMMAND_FUNCTION		non-reserved	non-reserved	non-reserved
COMMAND_FUNCTION_CODE		non-reserved	non-reserved	
COMMENT	non-reserved			
COMMENTS	non-reserved			
COMMIT	non-reserved	reserved	reserved	reserved
COMMITTED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONCURRENTLY	reserved (can be function or type)			
CONDITION		reserved	reserved	
CONDITIONAL		non-reserved		
CONDITION_NUMBER		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONFIGURATION	non-reserved			

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
CONFLICT	non-reserved			
CONNECT		reserved	reserved	reserved
CONNECTION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
CONNECTION_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONSTRAINT	reserved	reserved	reserved	reserved
CONSTRAINTS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
CONSTRAINT_CATALOG		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONSTRAINT_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONSTRAINT_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CONSTRUCTOR		non-reserved	non-reserved	
CONTAINS		reserved	reserved	
CONTENT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
CONTINUE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
CONTROL		non-reserved	non-reserved	
CONVERSION	non-reserved			
CONVERT		reserved	reserved	reserved
COPY	non-reserved	reserved		
CORR		reserved	reserved	
CORRESPONDING		reserved	reserved	reserved
COS		reserved		
COSH		reserved		
COST	non-reserved			
COUNT		reserved	reserved	reserved
COVAR_POP		reserved	reserved	
COVAR_SAMP		reserved	reserved	
CREATE	reserved	reserved	reserved	reserved
CROSS	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
CSV	non-reserved			
CUBE	non-reserved	reserved	reserved	
CUME_DIST		reserved	reserved	
CURRENT	non-reserved	reserved	reserved	reserved
CURRENT_CATALOG	reserved	reserved	reserved	
CURRENT_DATE	reserved	reserved	reserved	reserved
CURRENT_DEFAULT_TRANSFORM_GROUP		reserved	reserved	
CURRENT_PATH		reserved	reserved	
CURRENT_ROLE	reserved	reserved	reserved	
CURRENT_ROW		reserved	reserved	
CURRENT_SCHEMA	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
CURRENT_TIME	reserved	reserved	reserved	reserved
CURRENT_TIMESTAMP	reserved	reserved	reserved	reserved
CURRENT_TRANSFORM_GROUP_FOR_TYPE		reserved	reserved	
CURRENT_USER	reserved	reserved	reserved	reserved
CURSOR	non-reserved	reserved	reserved	reserved
CURSOR_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
CYCLE	non-reserved	reserved	reserved	
DATA	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
DATABASE	non-reserved			
DATALINK		reserved	reserved	
DATE		reserved	reserved	reserved
DATETIME_INTERVAL_CODE		non-reserved	non-reserved	non-reserved
DATETIME_INTERVAL_PRECISION		non-reserved	non-reserved	non-reserved
DAY	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DB		non-reserved	non-reserved	
DEALLOCATE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DEC	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
DECFLOAT		reserved		
DECIMAL	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
DECLARE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DEFAULT	reserved	reserved	reserved	reserved
DEFAULTS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
DEFERRABLE	reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
DEFERRED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
DEFINE		reserved		
DEFINED		non-reserved	non-reserved	
DEFINER	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
DEGREE		non-reserved	non-reserved	
DELETE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DELIMITER	non-reserved			
DELIMITERS	non-reserved			
DENSE_RANK		reserved	reserved	
DEPENDS	non-reserved			
DEPTH		non-reserved	non-reserved	
DEREF		reserved	reserved	
DERIVED		non-reserved	non-reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
DESC	reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
DESCRIBE		reserved	reserved	reserved
DESCRIPTOR		non-reserved	non-reserved	reserved
DETACH	non-reserved			
DETERMINISTIC		reserved	reserved	
DIAGNOSTICS		non-reserved	non-reserved	reserved
DICTIONARY	non-reserved			
DISABLE	non-reserved			
DISCARD	non-reserved			
DISCONNECT		reserved	reserved	reserved
DISPATCH		non-reserved	non-reserved	
DISTINCT	reserved	reserved	reserved	reserved
DLNEWCOPY		reserved	reserved	
DLPREVIOUSCOPY		reserved	reserved	
DLURLCOMPLETE		reserved	reserved	
DLURLCOMPLETEONLY		reserved	reserved	
DLURLCOMPLETEWRITE		reserved	reserved	
DLURLPATH		reserved	reserved	
DLURLPATHONLY		reserved	reserved	
DLURLPATHWRITE		reserved	reserved	
DLURLSCHEME		reserved	reserved	
DLURLSERVER		reserved	reserved	
DLVALUE		reserved	reserved	
DO	reserved			
DOCUMENT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
DOMAIN	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
DOUBLE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DROP	non-reserved	reserved	reserved	reserved
DYNAMIC		reserved	reserved	
DYNAMIC_FUNCTION		non-reserved	non-reserved	non-reserved
DYNAMIC_FUNCTION_CODE		non-reserved	non-reserved	
EACH	non-reserved	reserved	reserved	
ELEMENT		reserved	reserved	
ELSE	reserved	reserved	reserved	reserved
EMPTY		reserved	non-reserved	
ENABLE	non-reserved			
ENCODING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ENCRYPTED	non-reserved			
END	reserved	reserved	reserved	reserved
END-EXEC		reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
END_FRAME		reserved	reserved	
END_PARTITION		reserved	reserved	
ENFORCED		non-reserved	non-reserved	
ENUM	non-reserved			
EQUALS		reserved	reserved	
ERROR		non-reserved		
ESCAPE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
EVENT	non-reserved			
EVERY		reserved	reserved	
EXCEPT	reserved	reserved	reserved	reserved
EXCEPTION				reserved
EXCLUDE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
EXCLUDING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
EXCLUSIVE	non-reserved			
EXEC		reserved	reserved	reserved
EXECUTE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
EXISTS	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
EXP		reserved	reserved	
EXPLAIN	non-reserved			
EXPRESSION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
EXTENSION	non-reserved			
EXTERNAL	non-reserved	reserved	reserved	reserved
EXTRACT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
FALSE	reserved	reserved	reserved	reserved
FAMILY	non-reserved			
FETCH	reserved	reserved	reserved	reserved
FILE		non-reserved	non-reserved	
FILTER	non-reserved	reserved	reserved	
FINAL		non-reserved	non-reserved	
FINISH		non-reserved		
FIRST	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
FIRST_VALUE		reserved	reserved	
FLAG		non-reserved	non-reserved	
FLOAT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
FLOOR		reserved	reserved	
FOLLOWING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
FOR	reserved	reserved	reserved	reserved
FORCE	non-reserved			
FOREIGN	reserved	reserved	reserved	reserved
FORMAT		non-reserved		
FORTRAN		non-reserved	non-reserved	non-reserved
FORWARD	non-reserved			
FOUND		non-reserved	non-reserved	reserved
FRAME_ROW		reserved	reserved	
FREE		reserved	reserved	
FREEZE	reserved (can be function or type)			
FROM	reserved	reserved	reserved	reserved
FS		non-reserved	non-reserved	
FULFILL		non-reserved		
FULL	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
FUNCTION	non-reserved	reserved	reserved	
FUNCTIONS	non-reserved			
FUSION		reserved	reserved	
G		non-reserved	non-reserved	
GENERAL		non-reserved	non-reserved	
GENERATED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
GET		reserved	reserved	reserved
GLOBAL	non-reserved	reserved	reserved	reserved
GO		non-reserved	non-reserved	reserved
GOTO		non-reserved	non-reserved	reserved
GRANT	reserved	reserved	reserved	reserved
GRANTED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
GREATEST	non-reserved (cannot be function or type)			
GROUP	reserved	reserved	reserved	reserved
GROUPING	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
GROUPS	non-reserved	reserved	reserved	
HANDLER	non-reserved			
HAVING	reserved	reserved	reserved	reserved
HEADER	non-reserved			
HEX		non-reserved	non-reserved	
HIERARCHY		non-reserved	non-reserved	
HOLD	non-reserved	reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
HOUR	non-reserved	reserved	reserved	reserved
ID		non-reserved	non-reserved	
IDENTITY	non-reserved	reserved	reserved	reserved
IF	non-reserved			
IGNORE		non-reserved	non-reserved	
ILIKE	reserved (can be function or type)			
IMMEDIATE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
IMMEDIATELY		non-reserved	non-reserved	
IMMUTABLE	non-reserved			
IMPLEMENTATION		non-reserved	non-reserved	
IMPLICIT	non-reserved			
IMPORT	non-reserved	reserved	reserved	
IN	reserved	reserved	reserved	reserved
INCLUDE	non-reserved			
INCLUDING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
INCREMENT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
INDENT		non-reserved	non-reserved	
INDEX	non-reserved			
INDEXES	non-reserved			
INDICATOR		reserved	reserved	reserved
INHERIT	non-reserved			
INHERITS	non-reserved			
INITIAL		reserved		
INITIALLY	reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
INLINE	non-reserved			
INNER	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
INOUT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
INPUT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
INSENSITIVE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
INSERT	non-reserved	reserved	reserved	reserved
INSTANCE		non-reserved	non-reserved	
INSTANTIABLE		non-reserved	non-reserved	
INSTEAD	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
INT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
INTEGER	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
INTEGRITY		non-reserved	non-reserved	
INTERSECT	reserved	reserved	reserved	reserved
INTERSECTION		reserved	reserved	
INTERVAL	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
INTO	reserved	reserved	reserved	reserved
INVOKER	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
IS	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
ISNULL	reserved (can be function or type)			
ISOLATION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
JOIN	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
JSON		non-reserved		
JSON_ARRAY		reserved		
JSON_ARRAYAGG		reserved		
JSON_EXISTS		reserved		
JSON_OBJECT		reserved		
JSON_OBJECTAGG		reserved		
JSON_QUERY		reserved		
JSON_TABLE		reserved		
JSON_TABLE_PRIMITIVE		reserved		
JSON_VALUE		reserved		
K		non-reserved	non-reserved	
KEEP		non-reserved		
KEY	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
KEYS		non-reserved		
KEY_MEMBER		non-reserved	non-reserved	
KEY_TYPE		non-reserved	non-reserved	
LABEL	non-reserved			
LAG		reserved	reserved	
LANGUAGE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
LARGE	non-reserved	reserved	reserved	
LAST	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
LAST_VALUE		reserved	reserved	
LATERAL	reserved	reserved	reserved	
LEAD		reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
LEADING	reserved	reserved	reserved	reserved
LEAKPROOF	non-reserved			
LEAST	non-reserved (cannot be function or type)			
LEFT	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
LENGTH		non-reserved	non-reserved	non-reserved
LEVEL	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
LIBRARY		non-reserved	non-reserved	
LIKE	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
LIKE_REGEX		reserved	reserved	
LIMIT	reserved	non-reserved	non-reserved	
LINK		non-reserved	non-reserved	
LISTAGG		reserved		
LISTEN	non-reserved			
LN		reserved	reserved	
LOAD	non-reserved			
LOCAL	non-reserved	reserved	reserved	reserved
LOCALTIME	reserved	reserved	reserved	
LOCALTIMESTAMP	reserved	reserved	reserved	
LOCATION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
LOCATOR		non-reserved	non-reserved	
LOCK	non-reserved			
LOCKED	non-reserved			
LOG		reserved		
LOG10		reserved		
LOGGED	non-reserved			
LOWER		reserved	reserved	reserved
M		non-reserved	non-reserved	
MAP		non-reserved	non-reserved	
MAPPING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
MATCH	non-reserved	reserved	reserved	reserved
MATCHED		non-reserved	non-reserved	
MATCHES		reserved		
MATCH_NUMBER		reserved		
MATCH_RECOGNIZE		reserved		
MATERIALIZED	non-reserved			
MAX		reserved	reserved	reserved
MAXVALUE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
MEASURES		reserved		
MEMBER		reserved	reserved	
MERGE		reserved	reserved	
MESSAGE_LENGTH		non-reserved	non-reserved	non-reserved
MESSAGE_OCTET_LENGTH		non-reserved	non-reserved	non-reserved
MESSAGE_TEXT		non-reserved	non-reserved	non-reserved
METHOD	non-reserved	reserved	reserved	
MIN		reserved	reserved	reserved
MINUTE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
MINVALUE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
MOD		reserved	reserved	
MODE	non-reserved			
MODIFIES		reserved	reserved	
MODULE		reserved	reserved	reserved
MONTH	non-reserved	reserved	reserved	reserved
MORE		non-reserved	non-reserved	non-reserved
MOVE	non-reserved			
MULTISET		reserved	reserved	
MUMPS		non-reserved	non-reserved	non-reserved
NAME	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
NAMES	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
NAMESPACE		non-reserved	non-reserved	
NATIONAL	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
NATURAL	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
NCHAR	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
NCLOB		reserved	reserved	
NESTED		non-reserved		
NESTING		non-reserved	non-reserved	
NEW	non-reserved	reserved	reserved	
NEXT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
NFC	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NFD	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NFKC	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NFKD	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NIL		non-reserved	non-reserved	
NO	non-reserved	reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
NONE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
NORMALIZE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
NORMALIZED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NOT	reserved	reserved	reserved	reserved
NOTHING	non-reserved			
NOTIFY	non-reserved			
NOTNULL	reserved (can be function or type)			
NOWAIT	non-reserved			
NTH_VALUE		reserved	reserved	
NTILE		reserved	reserved	
NULL	reserved	reserved	reserved	reserved
NULLABLE		non-reserved	non-reserved	non-reserved
NULLIF	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
NULLS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
NUMBER		non-reserved	non-reserved	non-reserved
NUMERIC	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
OBJECT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OCCURRENCES_REGEX		reserved	reserved	
OCTETS		non-reserved	non-reserved	
OCTET_LENGTH		reserved	reserved	reserved
OF	non-reserved	reserved	reserved	reserved
OFF	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OFFSET	reserved	reserved	reserved	
OIDS	non-reserved			
OLD	non-reserved	reserved	reserved	
OMIT		reserved		
ON	reserved	reserved	reserved	reserved
ONE		reserved		
ONLY	reserved	reserved	reserved	reserved
OPEN		reserved	reserved	reserved
OPERATOR	non-reserved			
OPTION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
OPTIONS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OR	reserved	reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
ORDER	reserved	reserved	reserved	reserved
ORDERING		non-reserved	non-reserved	
ORDINALITY	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OTHERS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OUT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
OUTER	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
OUTPUT		non-reserved	non-reserved	reserved
OVER	non-reserved	reserved	reserved	
OVERFLOW		non-reserved		
OVERLAPS	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
OVERLAY	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
OVERRIDING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
OWNED	non-reserved			
OWNER	non-reserved			
P		non-reserved	non-reserved	
PAD		non-reserved	non-reserved	reserved
PARALLEL	non-reserved			
PARAMETER		reserved	reserved	
PARAMETER_MODE		non-reserved	non-reserved	
PARAMETER_NAME		non-reserved	non-reserved	
PARAMETER_ORDINAL_POSITION		non-reserved	non-reserved	
PARAMETER_SPECIFIC_CATALOG		non-reserved	non-reserved	
PARAMETER_SPECIFIC_NAME		non-reserved	non-reserved	
PARAMETER_SPECIFIC_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	
PARSER	non-reserved			
PARTIAL	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
PARTITION	non-reserved	reserved	reserved	
PASCAL		non-reserved	non-reserved	non-reserved
PASS		non-reserved		
PASSING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
PASSTHROUGH		non-reserved	non-reserved	
PASSWORD	non-reserved			
PAST		non-reserved		
PATH		non-reserved	non-reserved	
PATTERN		reserved		
PER		reserved		

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
PERCENT		reserved	reserved	
PERCENTILE_CONT		reserved	reserved	
PERCENTILE_DISC		reserved	reserved	
PERCENT_RANK		reserved	reserved	
PERIOD		reserved	reserved	
PERMISSION		non-reserved	non-reserved	
PERMUTE		reserved		
PLACING	reserved	non-reserved	non-reserved	
PLAN		non-reserved		
PLANS	non-reserved			
PLI		non-reserved	non-reserved	non-reserved
POLICY	non-reserved			
PORTION		reserved	reserved	
POSITION	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
POSITION_REGEX		reserved	reserved	
POWER		reserved	reserved	
PRECEDES		reserved	reserved	
PRECEDING	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
PRECISION	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
PREPARE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
PREPARED	non-reserved			
PRESERVE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
PRIMARY	reserved	reserved	reserved	reserved
PRIOR	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
PRIVATE		non-reserved		
PRIVILEGES	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
PROCEDURAL	non-reserved			
PROCEDURE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
PROCEDURES	non-reserved			
PROGRAM	non-reserved			
PRUNE		non-reserved		
PTF		reserved		
PUBLIC		non-reserved	non-reserved	reserved
PUBLICATION	non-reserved			
QUOTE	non-reserved			
QUOTES		non-reserved		
RANGE	non-reserved	reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
RANK		reserved	reserved	
READ	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
READS		reserved	reserved	
REAL	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
REASSIGN	non-reserved			
RECHECK	non-reserved			
RECOVERY		non-reserved	non-reserved	
RECURSIVE	non-reserved	reserved	reserved	
REF	non-reserved	reserved	reserved	
REFERENCES	reserved	reserved	reserved	reserved
REFERENCING	non-reserved	reserved	reserved	
REFRESH	non-reserved			
REGR_AVGX		reserved	reserved	
REGR_AVGY		reserved	reserved	
REGR_COUNT		reserved	reserved	
REGR_INTERCEPT		reserved	reserved	
REGR_R2		reserved	reserved	
REGR_SLOPE		reserved	reserved	
REGR_SXX		reserved	reserved	
REGR_SXY		reserved	reserved	
REGR_SYY		reserved	reserved	
REINDEX	non-reserved			
RELATIVE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
RELEASE	non-reserved	reserved	reserved	
RENAME	non-reserved			
REPEATABLE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
REPLACE	non-reserved			
REPLICA	non-reserved			
REQUIRING		non-reserved	non-reserved	
RESET	non-reserved			
RESPECT		non-reserved	non-reserved	
RESTART	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
RESTORE		non-reserved	non-reserved	
RESTRICT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
RESULT		reserved	reserved	
RETURN		reserved	reserved	
RETURNED_CARDINALITY		non-reserved	non-reserved	
RETURNED_LENGTH		non-reserved	non-reserved	non-reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
RETURNED_OCTET_LENGTH		non-reserved	non-reserved	non-reserved
RETURNED_SQLSTATE		non-reserved	non-reserved	non-reserved
RETURNING	reserved	non-reserved	non-reserved	
RETURNS	non-reserved	reserved	reserved	
REVOKE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
RIGHT	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	reserved
ROLE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ROLLBACK	non-reserved	reserved	reserved	reserved
ROLLUP	non-reserved	reserved	reserved	
ROUTINE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ROUTINES	non-reserved			
ROUTINE_CATALOG		non-reserved	non-reserved	
ROUTINE_NAME		non-reserved	non-reserved	
ROUTINE_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	
ROW	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
ROWS	non-reserved	reserved	reserved	reserved
ROW_COUNT		non-reserved	non-reserved	non-reserved
ROW_NUMBER		reserved	reserved	
RULE	non-reserved			
RUNNING		reserved		
SAVEPOINT	non-reserved	reserved	reserved	
SCALAR		non-reserved		
SCALE		non-reserved	non-reserved	non-reserved
SCHEMA	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
SCHEMAS	non-reserved			
SCHEMA_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
SCOPE		reserved	reserved	
SCOPE_CATALOG		non-reserved	non-reserved	
SCOPE_NAME		non-reserved	non-reserved	
SCOPE_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	
SCROLL	non-reserved	reserved	reserved	reserved
SEARCH	non-reserved	reserved	reserved	
SECOND	non-reserved	reserved	reserved	reserved
SECTION		non-reserved	non-reserved	reserved
SECURITY	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
SEEK		reserved		
SELECT	reserved	reserved	reserved	reserved
SELECTIVE		non-reserved	non-reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
SELF		non-reserved	non-reserved	
SENSITIVE		reserved	reserved	
SEQUENCE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
SEQUENCES	non-reserved			
SERIALIZABLE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
SERVER	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
SERVER_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
SESSION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
SESSION_USER	reserved	reserved	reserved	reserved
SET	non-reserved	reserved	reserved	reserved
SETOF	non-reserved (cannot be function or type)			
SETS	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
SHARE	non-reserved			
SHOW	non-reserved	reserved		
SIMILAR	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	
SIMPLE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
SIN		reserved		
SINH		reserved		
SIZE		non-reserved	non-reserved	reserved
SKIP	non-reserved	reserved		
SMALLINT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
SNAPSHOT	non-reserved			
SOME	reserved	reserved	reserved	reserved
SOURCE		non-reserved	non-reserved	
SPACE		non-reserved	non-reserved	reserved
SPECIFIC		reserved	reserved	
SPECIFICTYPE		reserved	reserved	
SPECIFIC_NAME		non-reserved	non-reserved	
SQL	non-reserved	reserved	reserved	reserved
SQLCODE				reserved
SQLERROR				reserved
SQLEXCEPTION		reserved	reserved	
SQLSTATE		reserved	reserved	reserved
SQLWARNING		reserved	reserved	
SQRT		reserved	reserved	
STABLE	non-reserved			

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
STANDALONE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
START	non-reserved	reserved	reserved	
STATE		non-reserved	non-reserved	
STATEMENT	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
STATIC		reserved	reserved	
STATISTICS	non-reserved			
STDDEV_POP		reserved	reserved	
STDDEV_SAMP		reserved	reserved	
STDIN	non-reserved			
STDOUT	non-reserved			
STORAGE	non-reserved			
STORED	non-reserved			
STRICT	non-reserved			
STRING		non-reserved		
STRIP	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
STRUCTURE		non-reserved	non-reserved	
STYLE		non-reserved	non-reserved	
SUBCLASS_ORIGIN		non-reserved	non-reserved	non-reserved
SUBMULTISET		reserved	reserved	
SUBSCRIPTION	non-reserved			
SUBSET		reserved		
SUBSTRING	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
SUBSTRING_REGEX		reserved	reserved	
SUCCEEDS		reserved	reserved	
SUM		reserved	reserved	reserved
SUPPORT	non-reserved			
SYMMETRIC	reserved	reserved	reserved	
SYSID	non-reserved			
SYSTEM	non-reserved	reserved	reserved	
SYSTEM_TIME		reserved	reserved	
SYSTEM_USER		reserved	reserved	reserved
T		non-reserved	non-reserved	
TABLE	reserved	reserved	reserved	reserved
TABLES	non-reserved			
TABLESAMPLE	reserved (can be function or type)	reserved	reserved	
TABLESPACE	non-reserved			
TABLE_NAME		non-reserved	non-reserved	non-reserved
TAN		reserved		

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
TANH		reserved		
TEMP	non-reserved			
TEMPLATE	non-reserved			
TEMPORARY	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
TEXT	non-reserved			
THEN	reserved	reserved	reserved	reserved
THROUGH		non-reserved		
TIES	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
TIME	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
TIMESTAMP	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
TIMEZONE_HOUR		reserved	reserved	reserved
TIMEZONE_MINUTE		reserved	reserved	reserved
TO	reserved	reserved	reserved	reserved
TOKEN		non-reserved	non-reserved	
TOP_LEVEL_COUNT		non-reserved	non-reserved	
TRAILING	reserved	reserved	reserved	reserved
TRANSACTION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
TRANSACTIONS_COMMITTED		non-reserved	non-reserved	
TRANSACTIONS_ROLLED_BACK		non-reserved	non-reserved	
TRANSACTION_ACTIVE		non-reserved	non-reserved	
TRANSFORM	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
TRANSFORMS		non-reserved	non-reserved	
TRANSLATE		reserved	reserved	reserved
TRANSLATE_REGEX		reserved	reserved	
TRANSLATION		reserved	reserved	reserved
TREAT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
TRIGGER	non-reserved	reserved	reserved	
TRIGGER_CATALOG		non-reserved	non-reserved	
TRIGGER_NAME		non-reserved	non-reserved	
TRIGGER_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	
TRIM	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
TRIM_ARRAY		reserved	reserved	
TRUE	reserved	reserved	reserved	reserved
TRUNCATE	non-reserved	reserved	reserved	

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
TRUSTED	non-reserved			
TYPE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
TYPES	non-reserved			
UESCAPE	non-reserved	reserved	reserved	
UNBOUNDED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
UNCOMMITTED	non-reserved	non-reserved	non-reserved	non-reserved
UNCONDITIONAL		non-reserved		
UNDER		non-reserved	non-reserved	
UNENCRYPTED	non-reserved			
UNION	reserved	reserved	reserved	reserved
UNIQUE	reserved	reserved	reserved	reserved
UNKNOWN	non-reserved	reserved	reserved	reserved
UNLINK		non-reserved	non-reserved	
UNLISTEN	non-reserved			
UNLOGGED	non-reserved			
UNMATCHED		reserved		
UNNAMED		non-reserved	non-reserved	non-reserved
UNNEST		reserved	reserved	
UNTIL	non-reserved			
UNTYPED		non-reserved	non-reserved	
UPDATE	non-reserved	reserved	reserved	reserved
UPPER		reserved	reserved	reserved
URI		non-reserved	non-reserved	
USAGE		non-reserved	non-reserved	reserved
USER	reserved	reserved	reserved	reserved
USER_DEFINED_TYPE_CATALOG		non-reserved	non-reserved	
USER_DEFINED_TYPE_CODE		non-reserved	non-reserved	
USER_DEFINED_TYPE_NAME		non-reserved	non-reserved	
USER_DEFINED_TYPE_SCHEMA		non-reserved	non-reserved	
USING	reserved	reserved	reserved	reserved
UTF16		non-reserved		
UTF32		non-reserved		
UTF8		non-reserved		
VACUUM	non-reserved			
VALID	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
VALIDATE	non-reserved			
VALIDATOR	non-reserved			
VALUE	non-reserved	reserved	reserved	reserved

Key Word	PostgreSQL	SQL:2016	SQL:2011	SQL-92
VALUES	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
VALUE_OF		reserved	reserved	
VARBINARY		reserved	reserved	
VARCHAR	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	reserved
VARIADIC	reserved			
VARYING	non-reserved	reserved	reserved	reserved
VAR_POP		reserved	reserved	
VAR_SAMP		reserved	reserved	
VERBOSE	reserved (can be function or type)			
VERSION	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
VERSIONING		reserved	reserved	
VIEW	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
VIEWS	non-reserved			
VOLATILE	non-reserved			
WHEN	reserved	reserved	reserved	reserved
WHENEVER		reserved	reserved	reserved
WHERE	reserved	reserved	reserved	reserved
WHITESPACE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
WIDTH_BUCKET		reserved	reserved	
WINDOW	reserved	reserved	reserved	
WITH	reserved	reserved	reserved	reserved
WITHIN	non-reserved	reserved	reserved	
WITHOUT	non-reserved	reserved	reserved	
WORK	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
WRAPPER	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
WRITE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved
XML	non-reserved	reserved	reserved	
XMLAGG		reserved	reserved	
XMLATTRIBUTES	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLBINARY		reserved	reserved	
XMLCAST		reserved	reserved	
XMLCOMMENT		reserved	reserved	
XMLCONCAT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLDECLARATION		non-reserved	non-reserved	

Key Word	**PostgreSQL**	**SQL:2016**	**SQL:2011**	**SQL-92**
XMLDOCUMENT		reserved	reserved	
XMLELEMENT	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLEXISTS	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLFOREST	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLITERATE		reserved	reserved	
XMLNAMESPACES	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLPARSE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLPI	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLQUERY		reserved	reserved	
XMLROOT	non-reserved (cannot be function or type)			
XMLSCHEMA		non-reserved	non-reserved	
XMLSERIALIZE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLTABLE	non-reserved (cannot be function or type)	reserved	reserved	
XMLTEXT		reserved	reserved	
XMLVALIDATE		reserved	reserved	
YEAR	non-reserved	reserved	reserved	reserved
YES	non-reserved	non-reserved	non-reserved	
ZONE	non-reserved	non-reserved	non-reserved	reserved

Приложение D. Соответствие стандарту SQL

В этом разделе в общих чертах отмечается, в какой степени PostgreSQL соответствует текущему стандарту SQL. Следующая информация не является официальным утверждением о соответствии, а представляет только основные аспекты на уровне детализации, достаточно полезном и целесообразном для пользователей.

Формально стандарт SQL называется ISO/IEC 9075 «Database Language SQL» (Язык баз данных SQL). Время от времени выпускается обновлённая версия стандарта, последняя вышла в 2016 г. Эта версия получила обозначение ISO/IEC 9075:2016 или просто SQL:2016. До этого были выпущены версии SQL:2011, SQL:2008, SQL:2006, SQL:2003, SQL:1999 и SQL-92. Каждая следующая версия заменяет предыдущую, так что утверждение о совместимости с предыдущими версиями не имеет большой ценности. Разработчики PostgreSQL стремятся обеспечить совместимость с последней официальной версией стандарта, оставаясь при этом в рамках традиционной функциональности и здравого смысла. PostgreSQL реализует большую часть требуемой стандартом функциональности, хотя иногда с немного другими функциями или синтаксисом. Можно ожидать, что со временем степень совместимости будет увеличиваться.

SQL-92 определяет три уровня функциональной совместимости: начальный (Entry), промежуточный (Intermediate) и полный (Full). Большинство СУБД заявляют о совместимости со стандартом SQL только на начальном уровне, так как полный набор возможностей на промежуточном и полном уровнях либо слишком велик, либо конфликтует с ранее принятым поведением.

Начиная с SQL:1999, вместо трёх чрезмерно пространных уровней SQL-92 в стандарте SQL определено множество отдельных функциональных возможностей. Большое его подмножество представляет «Основную» функциональность, которую должны обеспечивать все совместимые с SQL реализации. Поддержка остальных возможностей не является обязательной.

Описание стандарта, начиная с версии SQL:2003, также разделяется на несколько частей. Каждая такая часть имеет короткое имя и номер. Заметьте, что нумерация этих частей непоследовательная.

- ISO/IEC 9075-1 Структура (SQL/Framework)
- ISO/IEC 9075-2 Основа (SQL/Foundation)
- ISO/IEC 9075-3 Интерфейс уровня вызовов (SQL/CLI)
- ISO/IEC 9075-4 Модули постоянного хранения (SQL/PSM)
- ISO/IEC 9075-9 Управление внешними данными (SQL/MED)
- ISO/IEC 9075-10 Привязки объектных языков (SQL/OLB)
- ISO/IEC 9075-11 Схемы информации и определений (SQL/Schemata)
- ISO/IEC 9075-13 Программы и типы, использующие язык Java (SQL/JRT)
- ISO/IEC 9075-14 Спецификации, связанные с XML (SQL/XML)
- ISO/IEC 9075-15 Многомерные массивы (SQL/MDA)

Ядро PostgreSQL реализует части 1, 2, 9, 11 и 14. Часть 3 реализуется драйвером ODBC, а часть 13 — подключаемым расширением PL/Java, но точное соответствие этих компонентов стандарту на данный момент не проверено. Части 4, 10 и 15 в PostgreSQL в настоящее время не реализованы.

PostgreSQL поддерживает почти все основные возможности стандарта SQL:2016. Из 177 обязательных возможностей, которые требуются для полного соответствия «Основной» функциональности, PostgreSQL обеспечивает совместимость как минимум для 170. Кроме того, он реализует длинный список необязательных возможностей. Следует отметить, что на время написания этой документации ни одна существующая СУБД не заявила о полном соответствии «Основной» функциональности SQL:2016.

В следующих двух разделах мы представляем список возможностей, которые поддерживает PostgreSQL, и список возможностей, определённых в SQL:2016, которые ещё не поддерживаются в PostgreSQL. Оба эти списка носят приблизительный характер: какая-то возможность, отмеченная как поддерживаемая, может отличаться от стандарта в деталях, и напротив, для какой-то неподдерживаемой возможности могут быть реализованы ключевые компоненты. Наиболее точная информация о том, что работает, а что нет, содержится в основной документации.

Примечание

Коды возможностей, содержащие знак минус, обозначают подчинённые возможности. При этом, если какая-либо одна подчинённая возможность не поддерживается, основная возможность так же не будет поддерживаться, даже если реализованы все остальные на подуровне.

D.1. Поддерживаемые возможности

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
B012		Встроенный C	
B021		Непосредственный SQL	
E011	Основа	Числовые типы данных	
E011-01	Основа	Типы данных INTEGER и SMALLINT	
E011-02	Основа	Типы данных REAL, DOUBLE PRECISION и FLOAT	
E011-03	Основа	Типы данных DECIMAL и NUMERIC	
E011-04	Основа	Арифметические операторы	
E011-05	Основа	Числовые сравнения	
E011-06	Основа	Неявные преобразования между числовыми типами данных	
E021	Основа	Символьные типы данных	
E021-01	Основа	Тип данных CHARACTER	
E021-02	Основа	Тип данных CHARACTER VARYING	
E021-03	Основа	Символьные строки	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
E021-04	Основа	Функция CHARACTER_LENGTH	убирает завершающие пробелы из значений CHARACTER перед подсчётом символов
E021-05	Основа	Функция OCTET_LENGTH	
E021-06	Основа	Функция SUBSTRING	
E021-07	Основа	Конкатенация символьных строк	
E021-08	Основа	Функции UPPER и LOWER	
E021-09	Основа	Функция TRIM	
E021-10	Основа	Неявные преобразования между типами символьных строк	
E021-11	Основа	Функция POSITION	
E021-12	Основа	Сравнения символов	
E031	Основа	Идентификаторы	
E031-01	Основа	Идентификаторы с разделителями	
E031-02	Основа	Идентификаторы в нижнем регистре	
E031-03	Основа	Завершающее подчёркивание	
E051	Основа	Базовое определение запросов	
E051-01	Основа	SELECT DISTINCT	
E051-02	Основа	Предложение GROUP BY	
E051-04	Основа	GROUP BY может содержать столбцы не из <списка выборки>	
E051-05	Основа	Элементы списка выборки могут переименовываться	
E051-06	Основа	Предложение HAVING	
E051-07	Основа	Дополнение * в списке выборки	
E051-08	Основа	Корреляционные имена в предложении FROM	
E051-09	Основа	Переименование столбцов в предложении FROM	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
E061	Основа	Базовые предикаты и условия поиска	
E061-01	Основа	Предикат сравнения	
E061-02	Основа	Предикат BETWEEN	
E061-03	Основа	Предикат IN со списком значений	
E061-04	Основа	Предикат LIKE	
E061-05	Основа	Предложение ESCAPE в предикате LIKE	
E061-06	Основа	Предикат NULL	
E061-07	Основа	Предикаты количественного сравнения	
E061-08	Основа	Предикат EXISTS	
E061-09	Основа	Подзапросы в предикате сравнения	
E061-11	Основа	Подзапросы в предикате IN	
E061-12	Основа	Подзапросы в предикате количественного сравнения	
E061-13	Основа	Коррелирующие подзапросы	
E061-14	Основа	Условие поиска	
E071	Основа	Простые выражения с запросами	
E071-01	Основа	Табличный оператор UNION DISTINCT	
E071-02	Основа	Табличный оператор UNION ALL	
E071-03	Основа	Табличный оператор EXCEPT DISTINCT	
E071-05	Основа	Столбцы, объединяемые табличными операторами, могут иметь разные типы данных	
E071-06	Основа	Табличные операторы в подзапросах	
E081	Основа	Основные права доступа	
E081-01	Основа	Право на SELECT	
E081-02	Основа	Право на DELETE	

Иденти-фикатор	Осно-ва?	Описание	Комментарий
E081-03	Осно-ва	Право на INSERT на уровне таблицы	
E081-04	Осно-ва	Право на UPDATE на уровне таблицы	
E081-05	Осно-ва	Право на UPDATE на уровне столбцов	
E081-06	Осно-ва	Право REFERENCES на уровне таблицы	
E081-07	Осно-ва	Право REFERENCES на уровне столбцов	
E081-08	Осно-ва	Предложение WITH GRANT OPTION	
E081-09	Осно-ва	Право USAGE	
E081-10	Осно-ва	Право на EXECUTE	
E091	Осно-ва	Функции множеств	
E091-01	Осно-ва	AVG	
E091-02	Осно-ва	COUNT	
E091-03	Осно-ва	MAX	
E091-04	Осно-ва	MIN	
E091-05	Осно-ва	SUM	
E091-06	Осно-ва	Дополнение ALL	
E091-07	Осно-ва	Дополнение DISTINCT	
E101	Осно-ва	Базовая обработка данных	
E101-01	Осно-ва	Оператор INSERT	
E101-03	Осно-ва	Оператор UPDATE с критерием отбора	
E101-04	Осно-ва	Оператор DELETE с критерием отбора	
E111	Осно-ва	Оператор SELECT, возвращающий одну строку	
E121	Осно-ва	Базовая поддержка курсоров	
E121-01	Осно-ва	DECLARE CURSOR	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
E121-02	Основа	Столбцы ORDER BY, отсутствующие в списке выборки	
E121-03	Основа	Выражения значений в предложении ORDER BY	
E121-04	Основа	Оператор OPEN	
E121-06	Основа	Оператор UPDATE с позиционированием	
E121-07	Основа	Оператор DELETE с позиционированием	
E121-08	Основа	Оператор CLOSE	
E121-10	Основа	Оператор FETCH с неявным NEXT	
E121-17	Основа	Курсоры WITH HOLD	
E131	Основа	Поддержка NULL (NULL вместо значений)	
E141	Основа	Основные ограничения целостности	
E141-01	Основа	Ограничения NOT NULL	
E141-02	Основа	Ограничения UNIQUE столбцов NOT NULL	
E141-03	Основа	Ограничения PRIMARY KEY	
E141-04	Основа	Базовое ограничение FOREIGN KEY без действия (NO ACTION) по умолчанию и для операций удаления со ссылками, и для операций изменения со ссылками	
E141-06	Основа	Ограничения CHECK	
E141-07	Основа	Значения столбцов по умолчанию	
E141-08	Основа	NOT NULL распространяется на PRIMARY KEY	
E141-10	Основа	Имена во внешнем ключе могут указываться в любом порядке	
E151	Основа	Поддержка транзакций	
E151-01	Основа	Оператор COMMIT	
E151-02	Основа	Оператор ROLLBACK	
E152	Основа	Базовый оператор SET TRANSACTION	
E152-01	Основа	Оператор SET TRANSACTION: предложение ISOLATION LEVEL SERIALIZABLE	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
E152-02	Основа	Оператор SET TRANSACTION: предложения READ ONLY и READ WRITE	
E153	Основа	Запросы, изменяющие данные, с подзапросами	
E161	Основа	Комментарии SQL, начинающиеся с двух минусов	
E171	Основа	Поддержка SQLSTATE	
E182	Основа	Привязки для системных языков	
F021	Основа	Основная информационная схема	
F021-01	Основа	Представление COLUMNS	
F021-02	Основа	Представление TABLES	
F021-03	Основа	Представление VIEWS	
F021-04	Основа	Представление TABLE_CONSTRAINTS	
F021-05	Основа	Представление REFERENTIAL_CONSTRAINTS	
F021-06	Основа	Представление CHECK_CONSTRAINTS	
F031	Основа	Базовые манипуляции со схемой	
F031-01	Основа	Оператор CREATE TABLE создаёт хранимые основные таблицы	
F031-02	Основа	Представление CREATE VIEW	
F031-03	Основа	Оператор GRANT	
F031-04	Основа	Оператор ALTER TABLE: предложение ADD COLUMN	
F031-13	Основа	Оператор DROP TABLE: предложение RESTRICT	
F031-16	Основа	Оператор DROP VIEW: предложение RESTRICT	
F031-19	Основа	Оператор REVOKE: предложение RESTRICT	
F032		Каскадное удаление (CASCADE)	
F033		Оператор ALTER TABLE: предложение DROP COLUMN	
F034		Расширенный оператор REVOKE	
F034-01		Оператор REVOKE может выполняться не только владельцем объекта схемы	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
F034-02		Оператор REVOKE: предложение GRANT OPTION FOR	
F034-03		Оператор REVOKE отзывает право, данное субъекту с указанием WITH GRANT OPTION	
F041	Основа	Базовое соединение таблиц	
F041-01	Основа	Внутреннее соединение (но не обязательно с ключевым словом INNER)	
F041-02	Основа	Ключевое слово INNER	
F041-03	Основа	LEFT OUTER JOIN	
F041-04	Основа	RIGHT OUTER JOIN	
F041-05	Основа	Внешние соединения могут быть вложенными	
F041-07	Основа	Внутренняя таблица с левой или правой стороны внешнего соединения может также участвовать во внутреннем соединении	
F041-08	Основа	Поддерживаются все операторы сравнения (а не только =)	
F051	Основа	Базовая поддержка даты и времени	
F051-01	Основа	Тип данных DATE (включая поддержку строк DATE)	
F051-02	Основа	Тип данных TIME (включая поддержку строк TIME) с точностью до секунд как минимум с 0 знаков после запятой	
F051-03	Основа	Тип данных TIMESTAMP (включая поддержку строк TIMESTAMP) с точностью до секунд как минимум с 0 и 6 знаками после запятой	
F051-04	Основа	Предикаты сравнения с типами данных DATE, TIME и TIMESTAMP	
F051-05	Основа	Явное приведение (CAST) между типами даты/времени и типами символьных строк	
F051-06	Основа	CURRENT_DATE	
F051-07	Основа	LOCALTIME	
F051-08	Основа	LOCALTIMESTAMP	
F052		Арифметика с интервалами и датами/временем	
F053		Предикат OVERLAPS	
F081	Основа	UNION и EXCEPT в представлениях	
F111		Уровни изоляции, отличные от SERIALIZABLE	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
F111-01		Уровень изоляции READ UNCOMMITTED	
F111-02		Уровень изоляции READ COMMITTED	
F111-03		Уровень изоляции REPEATABLE READ	
F131	Основа	Операции группировки	
F131-01	Основа	Предложения WHERE, GROUP BY и HAVING, поддерживаемые в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-02	Основа	Поддержка нескольких таблиц в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-03	Основа	Поддержка функций множеств в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-04	Основа	Подзапросы с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированные представления	
F131-05	Основа	SELECT, возвращающий одну строку, с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированными представлениями	
F171		Несколько схем для одного пользователя	
F181	Основа	Поддержка множества модулей	
F191		Действия при удалении со ссылками	
F200		Оператор TRUNCATE TABLE	
F201	Основа	Функция CAST	
F202		TRUNCATE TABLE: возможность перезапуска идентифицирующего столбца	
F221	Основа	Явные значения по умолчанию	
F222		Оператор INSERT: предложение DEFAULT VALUES	
F231		Таблицы прав	
F231-01		Представление TABLE_PRIVILEGES	
F231-02		Представление COLUMN_PRIVILEGES	
F231-03		Представление USAGE_PRIVILEGES	
F251		Поддержка доменов	
F261	Основа	Выражение CASE	
F261-01	Основа	Простой оператор CASE	
F261-02	Основа	Оператор CASE с условиями	
F261-03	Основа	NULLIF	
F261-04	Основа	COALESCE	
F262		Расширенные выражения CASE	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
F271		Составные строки символов	
F281		Улучшенный оператор LIKE	
F302		Табличный оператор INTERSECT	
F302-01		Табличный оператор INTERSECT DISTINCT	
F302-02		Табличный оператор INTERSECT ALL	
F304		Табличный оператор EXCEPT ALL	
F311	Основа	Оператор определения схемы	
F311-01	Основа	CREATE SCHEMA	
F311-02	Основа	CREATE TABLE для хранимых основных таблиц	
F311-03	Основа	CREATE VIEW	
F311-04	Основа	CREATE VIEW: WITH CHECK OPTION	
F311-05	Основа	Оператор GRANT	
F321		Авторизация пользователей	
F361		Поддержка подпрограмм	
F381		Расширенные манипуляции со схемой	
F381-01		Оператор ALTER TABLE: предложение ALTER COLUMN	
F381-02		Оператор ALTER TABLE: предложение ADD CONSTRAINT	
F381-03		Оператор ALTER TABLE: предложение DROP CONSTRAINT	
F382		Изменение типа данных столбцов	
F383		Предложение, устанавливающее NOT NULL для столбца	
F384		Предложение удаления свойства идентифицирующего столбца	
F385		Предложение удаления выражения, генерирующего значения столбца	
F386		Предложение установления генерирования значений идентифицирующего столбца	
F391		Длинные идентификаторы	
F392		Спецсимволы Unicode в идентификаторах	
F393		Спецсимволы Unicode в текстовых строках	
F394		Необязательное указание нормальной формы	
F401		Расширенное соединение таблиц	
F401-01		NATURAL JOIN	
F401-02		FULL OUTER JOIN	
F401-04		CROSS JOIN	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
F402		Соединения по именам столбцов для больших объектов, массивов и мультимножеств	
F411		Указание часового пояса	отличия в интерпретации строкового представления
F421		Национальные символы	
F431		Прокручиваемые курсоры только для чтения	
F431-01		FETCH с явным NEXT	
F431-02		FETCH FIRST	
F431-03		FETCH LAST	
F431-04		FETCH PRIOR	
F431-05		FETCH ABSOLUTE	
F431-06		FETCH RELATIVE	
F441		Расширенная поддержка функций множеств	
F442		Смешанные ссылки на столбцы в функциях множеств	
F471	Основа	Скалярные значения подзапросов	
F481	Основа	Расширенный предикат NULL	
F491		Управление ограничениями	
F501	Основа	Представления возможностей и совместимости	
F501-01	Основа	Представление SQL_FEATURES	
F501-02	Основа	Представление SQL_SIZING	
F502		Таблицы расширенной документации	
F531		Временные таблицы	
F555		Дополнительная точность в секундах	
F561		Полные выражения значений	
F571		Проверки значений истинности	
F591		Производные таблицы	
F611		Типы данных для индикаторов	
F641		Конструкторы строк и таблиц	
F651		Дополнения имён каталогов	
F661		Простые таблицы	
F672		Ограничения-проверки с текущим временем	
F690		Поддержка правил сортировки	но без поддержки наборов символов
F692		Расширенная поддержка правил сортировки	
F701		Действия при обновлении со ссылками	
F711		ALTER для домена	
F731		Права на INSERT для столбцов	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
F751		Усовершенствования CHECK для представлений	
F761		Управление сеансом	
F762		CURRENT_CATALOG	
F763		CURRENT_SCHEMA	
F771		Управление соединением	
F781		Самоссылающиеся операции	
F791		Нечувствительные курсоры	
F801		Полные функции множеств	
F850		<Предложение order by > на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F851		<Предложение order by> в подзапросах	
F852		<Предложение order by> на верхнем уровне в представлениях	
F855		Вложенное <предложение order by> в <выражении запроса>	
F856		Вложенное <предложение fetch first> в <предложении запроса>	
F857		<Предложение fetch first> на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F858		<Предложение fetch first> в подзапросах	
F859		<Предложение fetch first> на верхнем уровне в представлениях	
F860		<Указание числа строк> в <предложении fetch first>	
F861		<Предложение offset для результата> на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F862		<Предложение offset для результата> в подзапросах	
F863		Вложенное <предложение offset для результата> в <выражении запроса>	
F864		<Предложение offset для результата> на верхнем уровне в представлениях	
F865		<Указание числа строк> с <предложением offset для результата>	
F867		Предложение FETCH FIRST: параметр WITH TIES	
S071		SQL-пути при разрешении имён функций и типов	
S092		Массивы пользовательских типов	
S095		Конструкторы массива из запроса	
S096		Необязательное указание границ массива	
S098		ARRAY_AGG	
S111		ONLY в выражениях запросов	
S201		Вызываемые из SQL подпрограммы, работающие с массивами	
S201-01		Массивы в параметрах	
S201-02		Массивы в качестве типа результата функций	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
S211		Пользовательские функции приведений	
S301		Расширенный UNNEST	
T031		Тип данных BOOLEAN	
T071		Тип данных BIGINT	
T121		WITH (без RECURSIVE) в выражении запроса	
T122		WITH (с RECURSIVE) в подзапросе	
T131		Рекурсивный запрос	
T132		Рекурсивный запрос в подзапросе	
T141		Предикат SIMILAR	
T151		Предикат DISTINCT	
T152		Предикат DISTINCT с отрицанием	
T171		Предложение LIKE в определении таблицы	
T172		Предложение подзапроса AS в определении таблицы	
T173		Расширенное предложение LIKE в определении таблицы	
T174		Идентифицирующие столбцы	
T177		Поддержка генераторов последовательностей: возможность простого перезапуска	
T178		Идентифицирующие столбцы: возможность простого перезапуска	
T191		Действие RESTRICT при нарушении ссылок	
T201		Сравнимые типы данных для ссылочных ограничений	
T211-01		Триггеры, активируемые при UPDATE, INSERT или DELETE в одной базовой таблице	
T211-02		Триггеры BEFORE	
T211-03		Триггеры AFTER	
T211-04		Триггеры FOR EACH ROW	
T211-05		Возможность задать условие поиска, которое должно быть истинным перед вызовом триггера	
T211-07		Право TRIGGER	
T212		Расширенные возможности триггеров	
T213		Триггеры INSTEAD OF	
T231		Чувствительные курсоры	
T241		Оператор START TRANSACTION	
T261		Сцеплённые транзакции	
T271		Точки сохранения	
T281		Право SELECT на уровне столбцов	
T285		Улучшения имён производных столбцов	
T312		Функция OVERLAY	
T321-01	Основа	Пользовательские функции без перегрузки	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
T321-02	Основа	Пользовательские хранимые процедуры без перегрузки	
T321-03	Основа	Вызов функций	
T321-04	Основа	Оператор CALL	
T321-06	Основа	Представление ROUTINES	
T321-07	Основа	Представление PARAMETERS	
T323		Явное управление безопасностью внешних подпрограмм	
T325		Дополненные указания параметров SQL	
T331		Базовые роли	
T341		Перегрузка вызываемых из SQL функций и процедур	
T351		Блочные комментарии SQL (комментарии /*...*/)	
T431		Расширенные возможности группирования	
T432		Вложения и конкатенация GROUPING SETS	
T433		Функция GROUPING с несколькими аргументами	
T441		Функции ABS и MOD	
T461		Симметричный предикат BETWEEN	
T491		Производная таблица LATERAL	
T501		Улучшенный предикат EXISTS	
T521		Именованные аргументы в операторе CALL	
T523		Значения по умолчанию для INOUT-параметров процедур, вызываемых из SQL	
T524		Именованные аргументы при вызове подпрограмм не с применением оператора CALL	
T525		Значения по умолчанию для параметров функций, вызываемых из SQL	
T551		Необязательные ключевые слова, подразумеваемые синтаксисом по умолчанию	
T581		Функция подстроки по регулярному выражению	
T591		Ограничения UNIQUE для столбцов, принимающих NULL	
T611		Элементарные операции OLAP	
T612		Расширенные операции OLAP	
T613		Получение выборки	
T614		Функция NTILE	
T615		Функции LEAD и LAG	
T617		Функции FIRST_VALUE и LAST_VALUE	
T620		Предложение WINDOW: параметр GROUPS	
T621		Дополнительные численные функции	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
T622		Тригонометрические функции	
T623		Общие логарифмические функции	
T624		Общепринятые логарифмические функции	
T631	Основа	Предикат IN с одним элементом списка	
T651		Операторы модификации схемы SQL в SQL-подпрограммах	
T653		Операторы модификации схемы SQL во внешних подпрограммах	
T655		Циклически зависимые подпрограммы	
T831		Язык путей SQL/JSON: строгий режим	
T832		Язык путей SQL/JSON: методы элементов	
T833		Язык путей SQL/JSON: множественные индексы	
T834		Язык путей SQL/JSON: обращение к членам по звёздочке	
T835		Язык путей SQL/JSON: выражения фильтров	
T836		Язык путей SQL/JSON: предикат «начинается с»	
T837		Язык путей SQL/JSON: предикат regex_like	
X010		Тип XML	
X011		Массивы типа XML	
X014		Атрибуты типа XML	
X016		Хранимые значения XML	
X020		XMLConcat	
X031		XMLElement	
X032		XMLForest	
X034		XMLAgg	
X035		XMLAgg: параметр ORDER BY	
X036		XMLComment	
X037		XMLPI	
X040		Базовое отображение таблиц	
X041		Базовое отображение таблиц: значения NULL отсутствуют	
X042		Базовое отображение таблиц: NULL в виде nil	
X043		Базовое отображение таблиц: таблица в виде леса элементов	
X044		Базовое отображение таблиц: таблица в виде элемента	
X045		Базовое отображение таблиц: с целевым пространством имён	
X046		Базовое отображение таблиц: отображение данных	
X047		Базовое отображение таблиц: отображение метаданных	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
X048		Базовое отображение таблиц: кодирование двоичных строк в base64	
X049		Базовое отображение таблиц: кодирование двоичных строк в шестнадцатеричном виде	
X050		Расширенное отображение таблиц	
X051		Расширенное отображение таблиц: значения NULL отсутствуют	
X052		Расширенное отображение таблиц: NULL в виде nil	
X053		Расширенное отображение таблиц: таблица в виде леса элементов	
X054		Расширенное отображение таблиц: таблица в виде элемента	
X055		Расширенное отображение таблиц: с целевым пространством имён	
X056		Расширенное отображение таблиц: отображение данных	
X057		Расширенное отображение таблиц: отображение метаданных	
X058		Расширенное отображение таблиц: кодирование двоичных строк в base64	
X059		Расширенное отображение таблиц: кодирование двоичных строк в шестнадцатеричном виде	
X060		XMLParse: ввод символьных строк и вариант CONTENT	
X061		XMLParse: ввод символьных строк и вариант DOCUMENT	
X070		XMLSerialize: сериализация символьных строк и вариант CONTENT	
X071		XMLSerialize: сериализация символьных строк и вариант DOCUMENT	
X072		XMLSerialize: сериализация символьных строк	
X090		Предикат XML-документа	
X120		XML в параметрах SQL-подпрограмм	
X121		XML в параметрах внешних подпрограмм	
X221		Механизм передачи XML BY VALUE	
X301		XMLTable: указание списка производных столбцов	
X302		XMLTable: указание столбца нумерации	
X303		XMLTable: указание значения столбца по умолчанию	
X304		XMLTable: передача контекста	требуется XML DOCUMENT
X400		Сопоставление имён и идентификаторов	
X410		Изменение типа данных столбца: поддержка типа XML	

D.2. Неподдерживаемые возможности

Следующие возможности, описанные в SQL:2016, не реализованы в этом выпуске PostgreSQL. В некоторых случаях они заменяются равнозначной функциональностью.

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
B011		Встроенный язык Ada	
B013		Встроенный язык COBOL	
B014		Встроенный язык Fortran	
B015		Встроенный язык MUMPS	
B016		Встроенный язык Pascal	
B017		Встроенный язык PL/I	
B031		Базовый динамический SQL	
B032		Расширенный динамический SQL	
B032-01		<Оператор describe input>	
B033		Нетипизированные аргументы функции, вызываемой из SQL	
B034		Динамическое указание атрибутов курсора	
B035		Нерасширенные имена дескрипторов	
B041		Расширения встроенных объявлений исключений SQL	
B051		Расширенные права для выполнения	
B111		Язык модулей — Ada	
B112		Язык модулей — C	
B113		Язык модулей — COBOL	
B114		Язык модулей — Fortran	
B115		Язык модулей — MUMPS	
B116		Язык модулей — Pascal	
B117		Язык модулей — PL/I	
B121		Язык подпрограмм — Ada	
B122		Язык подпрограмм — C	
B123		Язык подпрограмм — COBOL	
B124		Язык подпрограмм — Fortran	
B125		Язык подпрограмм — MUMPS	
B126		Язык подпрограмм — Pascal	
B127		Язык подпрограмм — PL/I	
B128		Язык подпрограмм — SQL	
B200		Полиморфные табличные функции (PTF)	
B201		Более одного абстрактного табличного параметра PTF	
B202		Соразделение PTF	
B203		Более одного указания соразделения	
B204		PRUNE WHEN EMPTY	
B205		Сквозная передача столбцов	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
B206		Передача в PTF параметров с дескриптором	
B207		Векторное произведение разделов	
B208		Интерфейс компонентных процедур PTF	
B209		Расширенные имена PTF	
B211		Язык модулей — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC	
B221		Язык подпрограмм — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC	
F054		TIMESTAMP в списке приоритетов типа DATE	
F121		Базовое управление диагностикой	
F121-01		Оператор GET DIAGNOSTICS	
F121-02		Оператор SET TRANSACTION: предложение DIAGNOSTICS SIZE	
F122		Расширенное управление диагностикой	
F123		Вся диагностика	
F263		Разделённые запятыми предикаты в простом выражении CASE	
F291		Предикат UNIQUE	
F301		CORRESPONDING в выражениях запросов	
F312		Оператор MERGE	возможная альтернатива — INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE
F313		Расширенный оператор MERGE	
F314		Оператор MERGE с ветвью DELETE	
F341		Таблицы использования	без таблиц ROUTINE_*_USAGE
F403		Секционированные соединённые таблицы	
F404		Табличная переменная с именами общих столбцов	
F451		Определение набора символов	
F461		Именованные наборы символов	
F492		Необязательное указание соблюдения ограничения таблицы	
F521		Утверждения	
F671		Подзапросы в CHECK	намеренно опущено
F673		Вызов подпрограммы, читающей SQL-данные, в условиях CHECK	
F693		Правила сортировки символов для SQL-сеансов и клиентских модулей	
F695		Поддержка перекодировки	
F696		Дополнительная документация по перекодировке	
F721		Откладываемые ограничения	только сторонние и уникальные ключи

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
F741		Типы ссылочных совпадений MATCH	пока без частичного совпадения
F812	Основа	Базовое флагирование	
F813		Расширенное флагирование	
F821		Ссылки на локальные таблицы	
F831		Полное изменение курсора	
F831-01		Изменяемые прокручиваемые курсоры	
F831-02		Изменяемые упорядоченные курсоры	
F841		Предикат LIKE_REGEX	
F842		Функция OCCURRENCES_REGEX	
F843		Функция POSITION_REGEX	
F844		Функция SUBSTRING_REGEX	
F845		Функция TRANSLATE_REGEX	
F846		Поддержка октетов в операторах регулярных выражений	
F847		Неконстантные регулярные выражения	
F866		Предложение FETCH FIRST: параметр PERCENT	
R010		Распознавание шаблона строк: предложение FROM	
R020		Распознавание шаблона строк: предложение WINDOW	
R030		Распознавание шаблона строк: полная поддержка агрегатов	
S011	Основа	Отдельные типы данных	
S011-01	Основа	Представление USER_DEFINED_TYPES	
S023		Базовые структурированные типы	
S024		Расширенные структурированные типы	
S025		Окончательные структурированные типы	
S026		Самоссылающиеся структурированные типы	
S027		Создание метода по заданному имени метода	
S028		Произвольный порядок параметров UDT	
S041		Базовые ссылочные типы	
S043		Расширенные ссылочные типы	
S051		Создание таблицы из типа	частично поддерживается
S081		Подтаблицы	
S091		Базовая поддержка массивов	частично поддерживается
S091-01		Массивы встроенных типов данных	
S091-02		Массивы отдельных типов	
S091-03		Выражения с массивами	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
S094		Массивы ссылочных типов	
S097		Присваивание значения элементу массива	
S151		Предикат типа	
S161		Приведение подтипов	
S162		Приведение подтипов для ссылочных типов	
S202		Вызываемые из SQL подпрограммы, работающие с мультимножествами	
S231		Указатели на структурные типы	
S232		Указатели на массивы	
S233		Указатели на мультимножества	
S241		Функции преобразований	
S242		Оператор изменения преобразования	
S251		Определяемые пользователем упорядочивания	
S261		Метод SPECIFICTYPE	
S271		Базовая поддержка мультимножеств	
S272		Мультимножества пользовательских типов	
S274		Мультимножества ссылочных типов	
S275		Расширенная поддержка мультимножеств	
S281		Типы вложенных коллекций	
S291		Ограничение уникальности для всей строки	
S401		Отдельные типы на базе типов массивов	
S402		Отдельные типы на базе отдельных типов	
S403		ARRAY_MAX_CARDINALITY	
S404		TRIM_ARRAY	
T011		Тип TIMESTAMP в информационной схеме	
T021		Типы данных BINARY и VARBINARY	
T022		Расширенная поддержка типов данных BINARY и VARBINARY	
T023		Составные двоичные строки	
T024		Пробелы в двоичных строках	
T041		Базовая поддержка типа данных LOB	
T041-01		Тип данных BLOB	
T041-02		Тип данных CLOB	
T041-03		Функции POSITION, LENGTH, LOWER, TRIM, UPPER и SUBSTRING для типов данных LOB	
T041-04		Конкатенация типов данных LOB	
T041-05		Указатель на LOB: неудерживаемый	
T042		Расширенная поддержка типа данных LOB	
T043		Множитель T	
T044		Множитель P	
T051		Типы кортежей	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
T053		Явные псевдонимы ссылки на все поля	
T061		Поддержка UCS	
T076		Тип данных DECFLOAT	
T101		Улучшенное определение возможности NULL	
T111		Изменяемые соединения, объединения и столбцы	
T175		Генерируемые столбцы	в основном поддерживаются
T176		Поддержка генераторов последовательностей	поддерживается за исключением NEXT VALUE FOR
T180		Системное версионирование таблиц	
T181		Таблицы с периодом времени прикладного уровня	
T211		Базовые возможности триггеров	
T211-06		Поддержка правил времени выполнения для взаимодействия триггеров и ограничений	
T211-08		Несколько триггеров для одного события вызываются в том порядке, в каком они были созданы в каталоге	намеренно опущено
T251		Оператор SET TRANSACTION: параметр LOCAL	
T272		Улучшенное управление точками сохранения	
T301		Функциональные зависимости	частично поддерживается
T321	Основа	Базовые вызываемые из SQL подпрограммы	
T321-05	Основа	Оператор RETURN	
T322		Объявляемые атрибуты типа данных	
T324		Явное управление безопасностью подпрограмм SQL	
T326		Табличные функции	
T332		Расширенные роли	в основном поддерживаются
T434		GROUP BY DISTINCT	
T471		Наборы результатов в качестве возвращаемого значения	
T472		DESCRIBE CURSOR	
T495		Совместное изменение и извлечение данных	другой синтаксис
T502		Предикаты периодов	
T511		Счётчики транзакций	
T522		Значения по умолчанию для входных параметров процедур, вызываемых из SQL	поддерживаются, за исключением ключевого слова DEFAULT при вызове
T561		Удерживаемые указатели	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
T571		Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие массивы	
T572		Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие мультимножества	
T601		Ссылки на локальные курсоры	
T616		Варианты обработки NULL для функций LEAD и LAG	
T618		Функция NTH_VALUE	функция существует, но некоторые возможности отсутствуют
T619		Вложенные оконные функции	
T625		LISTAGG	
T641		Присваивание нескольким столбцам	поддерживаются только некоторые варианты синтаксиса
T652		Операторы динамического SQL в SQL-подпрограммах	
T654		Операторы динамического SQL во внешних подпрограммах	
T811		Базовые функции-конструкторы SQL/JSON	
T812		SQL/JSON: JSON_OBJECTAGG	
T813		SQL/JSON: JSON_ARRAYAGG с ORDER BY	
T814		Двоеточие в JSON_OBJECT или JSON_OBJECTAGG	
T821		Основные операторы запросов SQL/JSON	
T822		SQL/JSON: предикат IS JSON WITH UNIQUE KEYS	
T823		SQL/JSON: предложение PASSING	
T824		JSON_TABLE: предложение PLAN	
T825		SQL/JSON: предложения ON EMPTY и ON ERROR	
T826		Произвольные выражения значений в предложениях ON ERROR и ON EMPTY	
T827		JSON_TABLE: одноуровневые предложения NESTED COLUMNS	
T828		JSON_QUERY	
T829		JSON_QUERY: возможности обёртывания массивов	
T830		Требование уникальности ключей в функциях-конструкторах SQL/JSON	
T838		JSON_TABLE: предложение PLAN DEFAULT	
T839		Преобразование даты/времени из символьных строк с форматированием и обратно	
M001		Связи данных (DATALINK)	
M002		Связи данных через SQL/CLI	
M003		Связи данных через встроенный SQL	
M004		Поддержка сторонних данных	частично поддерживается
M005		Поддержка сторонних схем	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
M006		Подпрограмма GetSQLString	
M007		TransmitRequest	
M009		Подпрограммы GetOpts и GetStatistics	
M010		Поддержка обёрток сторонних данных	другой API
M011		Связи данных через Ada	
M012		Связи данных через C	
M013		Связи данных через COBOL	
M014		Связи данных через Fortran	
M015		Связи данных через MUMPS	
M016		Связи данных через Pascal	
M017		Связи данных через PL/I	
M018		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Ada	
M019		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке C	другой API
M020		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке COBOL	
M021		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Fortran	
M022		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке MUMPS	
M023		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Pascal	
M024		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке PL/I	
M030		Поддержка сторонних данных SQL-сервера	
M031		Общие подпрограммы обёртки сторонних данных	
X012		Мультимножества типа XML	
X013		Отдельные типы, производные от XML	
X015		Поля типа XML	
X025		XMLCast	
X030		XMLDocument	
X038		XMLText	
X065		XMLParse: ввод BLOB и вариант CONTENT	
X066		XMLParse: ввод BLOB и вариант DOCUMENT	
X068		XMLSerialize: BOM	
X069		XMLSerialize: INDENT	
X073		XMLSerialize: сериализация BLOB и вариант CONTENT	
X074		XMLSerialize: сериализация BLOB и вариант DOCUMENT	
X075		XMLSerialize: сериализация BLOB	
X076		XMLSerialize: VERSION	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
X077		XMLSerialize: явное указание ENCODING	
X078		XMLSerialize: явное объявление XML	
X080		Пространства имён при публикации XML	
X081		Объявления пространств имён XML на уровне запроса	
X082		Объявления пространств имён XML в DML	
X083		Объявления пространств имён XML в DDL	
X084		Объявления пространств имён XML в составных операторах	
X085		Предопределённые префиксы пространств имён	
X086		Объявления пространств имён XML в XMLTable	
X091		Предикат содержимого XML	
X096		XMLExists	только XPath 1.0
X100		Поддержка ведущего языка для XML: вариант CONTENT	
X101		Поддержка ведущего языка для XML: вариант DOCUMENT	
X110		Поддержка ведущего языка для XML: отображение VARCHAR	
X111		Поддержка ведущего языка для XML: отображение CLOB	
X112		Поддержка ведущего языка для XML: отображение BLOB	
X113		Поддержка ведущего языка для XML: указание STRIP WHITESPACE	
X114		Поддержка ведущего языка для XML: указание PRESERVE WHITESPACE	
X131		Предложение XMLBINARY на уровне запроса	
X132		Предложение XMLBINARY в DML	
X133		Предложение XMLBINARY в DDL	
X134		Предложение XMLBINARY в составных операторах	
X135		Предложение XMLBINARY в подзапросах	
X141		Предикат IS VALID: в зависимости от данных	
X142		Предикат IS VALID: предложение ACCORDING TO	
X143		Предикат IS VALID: предложение ELEMENT	
X144		Предикат IS VALID: расположение схемы	
X145		Предикат IS VALID вне ограничений-проверок	
X151		Предикат IS VALID с вариантом DOCUMENT	
X152		Предикат IS VALID с вариантом CONTENT	
X153		Предикат IS VALID с вариантом SEQUENCE	
X155		Предикат IS VALID: NAMESPACE без предложения ELEMENT	

Идентификатор	**Основа?**	**Описание**	**Комментарий**
X157		Предикат IS VALID: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X160		Базовая информационная схема для зарегистрированных XML-схем	
X161		Расширенная информационная схема для зарегистрированных XML-схем	
X170		Варианты обработки NULL с XML	
X171		Вариант NIL ON NO CONTENT	
X181		Тип XML(DOCUMENT(UNTYPED))	
X182		Тип XML(DOCUMENT(ANY))	
X190		Тип XML(SEQUENCE)	
X191		Тип XML(DOCUMENT(XMLSCHEMA))	
X192		Тип XML(CONTENT(XMLSCHEMA))	
X200		XMLQuery	
X201		XMLQuery: RETURNING CONTENT	
X202		XMLQuery: RETURNING SEQUENCE	
X203		XMLQuery: передача контекста	
X204		XMLQuery: инициализация переменной XQuery	
X205		XMLQuery: указание EMPTY ON EMPTY	
X206		XMLQuery: указание NULL ON EMPTY	
X211		Поддержка XML 1.1	
X222		Механизм передачи XML BY REF	BY REF принимается, но игнорируется; фактически всегда действует BY VALUE
X231		Тип XML(CONTENT(UNTYPED))	
X232		Тип XML(CONTENT(ANY))	
X241		RETURNING CONTENT при публикации XML	
X242		RETURNING SEQUENCE при публикации XML	
X251		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(UNTYPED))	
X252		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(ANY))	
X253		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(UNTYPED))	
X254		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(ANY))	
X255		Хранимые значения XML типа XML(SEQUENCE)	
X256		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(XMLSCHEMA))	
X257		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(XMLSCHEMA))	
X260		Тип XML: предложение ELEMENT	
X261		Тип XML: NAMESPACE без предложения ELEMENT	

Идентификатор	Основа?	Описание	Комментарий
X263		Тип XML: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X264		Тип XML: расположение схемы	
X271		XMLValidate: в зависимости от данных	
X272		XMLValidate: предложение ACCORDING TO	
X273		XMLValidate: предложение ELEMENT	
X274		XMLValidate: расположение схемы	
X281		XMLValidate с вариантом DOCUMENT	
X282		XMLValidate с вариантом CONTENT	
X283		XMLValidate с вариантом SEQUENCE	
X284		XMLValidate: NAMESPACE без предложения ELEMENT	
X286		XMLValidate: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X300		XMLTable	только XPath 1.0
X305		XMLTable: инициализация переменной XQuery	

D.3. Ограничения XML и совместимость с SQL/XML

В SQL:2006 были внесены значительные изменения в посвящённой XML части ISO/IEC 9075-14 (SQL/XML). Реализация типа данных XML и связанных функций в PostgreSQL в большей степени соответствует более ранней редакции, SQL:2003, с некоторыми заимствованиями из последующих редакций. В частности:

- Тогда как в текущем стандарте существует семейство типов данных XML, содержащих «документы» или «содержимое» в нетипизированном виде или с типами XML Schema, а также тип `XML(SEQUENCE)`, содержащий произвольные части XML-документа, в PostgreSQL есть только один тип `xml`, который может содержать «документ» или «содержимое». Определённый в стандарте тип «последовательность» в PostgreSQL отсутствует.
- PostgreSQL предоставляет две функции, появившиеся в SQL:2006, но вместо языка XML Query, как должно быть согласно стандарту, в них используется язык XPath 1.0.

В этом разделе описаны некоторые из образовавшихся в итоге различий, с которыми вы можете столкнуться.

D.3.1. Запросы ограничиваются XPath версии 1.0

Специфичные для PostgreSQL функции `xpath()` и `xpath_exists()` выполняют запросы к XML-документам на языке XPath. В PostgreSQL также имеются поддерживающие только XPath стандартные функции `XMLEXISTS` и `XMLTABLE`, хотя согласно стандарту они должны поддерживать XQuery. Все эти функции в PostgreSQL реализованы с использованием библиотеки libxml2, которая поддерживает только XPath 1.0.

Существует тесная связь между языком XQuery и XPath версии 2.0 и новее: любое выражение, синтаксически правильное и выполняющееся успешно, выдаёт в обоих языках одинаковые результаты (за незначительным исключением, связанным с числовым обозначением символов или использованием предопределённых сущностей — XQuery заменяет их соответствующими символами, а XPath оставляет в исходном виде). Но между XPath 1.0 и этими языками подобная связь отсутствует: он появился гораздо раньше и во многом отличается от них.

Заслуживают отдельного рассмотрения две категории ограничений: ограничение языка XQuery до XPath для функций, описанных в стандарте SQL, и ограничение XPath до версии 1.0 как для стандартизированных функций, так и для специфичных функций PostgreSQL.

D.3.1.1. Ограничение языка XQuery до XPath

В число отличий XQuery от XPath входят:

- Выражения XQuery могут выдавать не только всевозможные значения XPath, но и конструировать новые XML-узлы. XPath может создавать и возвращать значения атомарных типов (числа, строки и так далее), но выдаваемые им XML-узлы должны уже присутствовать в документе, поступившем на вход выражения.
- В XQuery есть управляющие конструкции для организации циклов, сортировки и группировки.
- В XQuery поддерживается объявление и использование локальных функций.

В последних версиях XPath начинают появляться возможности, пересекающиеся с имеющимися в XQuery (например, конструкции `for-each`, `sort`, анонимные функции и функция `parse-xml`, создающая узел из строки), но до XPath 3.0 их не было.

D.3.1.2. Ограничения XPath до версии 1.0

Разработчикам, знакомым с XQuery и XPath 2.0 или новее, приходится иметь дело с рядом недостатков XPath версии 1.0:

- Фундаментальный тип результатов XQuery/XPath, тип `sequence`, который может содержать XML-узлы, атомарные значения, и всё это вместе, в XPath 1.0 отсутствует. В 1.0 выражения могут выдавать только набор узлов (состоящих из нуля или нескольких узлов XML) или единственное атомарное значение.
- В отличие от последовательностей XQuery/XPath, которые могут содержать произвольные элементы в любом требующемся порядке, во множестве узлов XPath 1.0 нет гарантированного порядка, и оно, как и любое другое множество, не может содержать несколько вхождений одного элемента.

> **Примечание**
>
> Библиотека libxml2 не всегда возвращает в PostgreSQL наборы узлов с внутренними членами в том порядке, в котором они идут во входном документе. В её документации не гарантируется корректное поведение, а выражение XPath 1.0 не может на это воздействовать.

- Тогда как XQuery/XPath поддерживают все типы, определённые в стандарте XML Schema, а также множество операторов и функций, работающих с этими типами, XPath 1.0 поддерживает только множества узлов и три атомарных типа: `boolean`, `double` и `string`.
- В XPath 1.0 отсутствует условный оператор. Выражение XQuery/XPath вида `if ( hat ) then hat/@size else "no hat"` не имеет эквивалента в XPath 1.0.
- В XPath 1.0 нет оператора сравнения строк с упорядочиванием. Условия `"cat" < "dog"` и `"cat" > "dog"` оба являются ложными, так как они выполняются как числовые сравнения двух значений `NaN`. Условия же `=` и `!=`, напротив, сравнивают строки в виде строк.
- XPath 1.0 размывает разницу между *сравнением значений* и *общими сравнениями*, которая имеется в XQuery/XPath. Сравнения `sale/@hatsize = 7` и `sale/@customer = "alice"` по сути являются количественными сравнениями, и результатом их будет истина, если существует элемент `sale` с заданным значением атрибута, тогда как `sale/@taxable = false()` — сравнение всего набора узлов с *фактическим логическим значением*. Его результат будет истиной, только если у элемента `sale` вовсе не будет атрибута `taxable`.
- В модели данных XQuery/XPath *узел документа* может иметь либо форму документа (то есть содержать в точности один элемент верхнего уровня, снаружи которого допускаются только комментарии и инструкции обработки), либо форму содержимого (с ослабленными ограничениями). В XPath 1.0 ему соответствует *корневой узел*, который может иметь только форму документа. Этим отчасти объясняется то, что значение типа `xml`, передаваемое в качестве элемента контекста любым функциям PostgreSQL на базе XPath, должно быть в форме документа.

Кроме отмеченных выше имеются и другие различия. В языках XQuery и XPath версии 2.0 и новее существует режим совместимости с XPath 1.0, а в документации W3C имеется перечень *изменений функций* и *изменений в языке* применительно к этому режиму. Этот перечень гораздо более полный, но тоже не исчерпывающий. Даже режим совместимости этих языков не обеспечивает их полную идентичность XPath 1.0.

D.3.1.3. Преобразование значений/типов данных между SQL и XML

В SQL:2006 и более поздних ревизиях чётко определены преобразования между стандартными типами SQL и типами стандарта XML Schema в обе стороны. Однако эти правила выражаются в типах и понятиях, определённых в XQuery/XPath, и не могут быть непосредственно применены к другой модели данных, присущей XPath 1.0.

Когда PostgreSQL сопоставляет значения данных SQL с XML (как в функции `xmlelement`), или XML с SQL (как в выходных столбцах `xmltable`), за исключением нескольких отдельно обрабатываемых случаев, PostgreSQL просто полагает, что строка XPath 1.0, содержащая данные типа XML, будет допустимой для ввода в текстовом виде в тип данных SQL, и наоборот. Это правило добродетельно своей простотой, и при этом преобразования для многих типов данных в итоге оказываются такими, какими и должны быть согласно стандарту.

Там же, где это нужно для взаимодействия с другими системами, для некоторых типов данных можно явно использовать функции форматирования типов данных (например, описанные в Разделе 9.8) для получения преобразований, в точности соответствующих стандарту.

D.3.2. Непреднамеренные ограничения реализации

В этом разделе описываются дополнительные ограничения, присущие текущей реализации в PostgreSQL, но не самой библиотеке libxml2.

D.3.2.1. Передача параметров только по значению (`BY VALUE`)

В стандарте SQL определены два *механизма передачи параметров*, осуществляющих передачу XML-аргумента из SQL в XML-функцию или получение результата: `BY REF`, в котором конкретное значение в XML остаётся привязанным к своему узлу, и `BY VALUE`, в котором передаётся содержимое XML, но связь с узлом теряется. Выбрать механизм можно перед списком параметров, в качестве механизма по умолчанию для всех параметров, или после каждого отдельного параметра, переопределив тем самым выбор по умолчанию.

В качестве иллюстрации различия взгляните на следующие два запроса, которые в окружении SQL:2006 выдают true и false, если *x* является XML-значением:

```
SELECT XMLQUERY('$a is $b' PASSING BY REF x AS a, x AS b NULL ON EMPTY);
SELECT XMLQUERY('$a is $b' PASSING BY VALUE x AS a, x AS b NULL ON EMPTY);
```

PostgreSQL принимает указания `BY VALUE` и `BY REF` в конструкции `XMLEXISTS` или `XMLTABLE`, но игнорирует их. Тип `xml` содержит сериализованное представление данных в текстовом виде, поэтому сущность узла, которую нужно сохранять, отсутствует, и передача фактически производится по значению (`BY VALUE`).

D.3.2.2. Отсутствие именованных параметров запросов

Функции на базе XPath могут принимать один параметр, служащий контекстным элементом для выражения XPath, но не поддерживают передачу дополнительных значений, которые могли бы использоваться в выражении как именованные параметры.

D.3.2.3. Отсутствие типа `XML(SEQUENCE)`

Тип данных `xml` в PostgreSQL может содержать значение только в форме документа (`DOCUMENT`) или содержимого (`CONTENT`). Контекстный элемент выражения XQuery/XPath должен быть одиночным XML-узлом или атомарным значением, но в XPath 1.0 это может быть только XML-узел, и при этом нет типа узла, содержащего `CONTENT`. Как следствие, в PostgreSQL в качестве контекстного элемента XPath можно передать данные XML в единственном виде — в виде правильно оформленного документа (`DOCUMENT`).

Приложение E. Замечания к выпускам

В замечаниях к выпускам отмечаются значительные изменения, имевшие место в каждом выпуске PostgreSQL, при этом ключевые изменения и вопросы миграции освещаются в самом начале. В эти замечания не включаются изменения, затрагивающие лишь нескольких пользователей, как и изменения внутренние и поэтому пользователям не заметные. Например, оптимизатор усовершенствуется почти в каждом выпуске, но для пользователей эти улучшения проявляются обычно просто в ускорении запросов.

Полный список изменений каждого выпуска можно получить, просмотрев журналы Git для этого выпуска. Также все изменения в исходном коде отражаются в *списке рассылки* `pgsql-committers`. Кроме того, имеется *веб-интерфейс*, в котором можно просмотреть изменения в разрезе файлов.

Имя, указанное рядом с каждым пунктом, показывает, кто был основным разработчиком этого изменения. Но, конечно, с каждым из изменений связано обсуждение в сообществе и анализ предлагаемой правки, так что на самом деле каждый из этих пунктов — плод работы сообщества.

E.1. Выпуск 13.22

Дата выпуска: 2025-08-14

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.21. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

Сообщество PostgreSQL прекратит выпуск обновлений для версии 13.X в ноябре 2025 г. Поэтому пользователям не следует медлить с переходом на более новую основную версию.

E.1.1. Миграция на версию 13.22

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.21, см. также Раздел E.2.

E.1.2. Изменения

- Усиление проверок безопасности в функциях оценки планировщика (Дин Рашид)

  Исправление уязвимости CVE-2017-7484 и последующие исправления направлены на предотвращение применения негерметичных функций к данным статистики по столбцам, на чтение которых у вызывающего пользователя нет прав. В этой защите были найдены две недоработки. Первая относится к секционированию и наследованию иерархий, когда политики RLS в отношении таблиц должны были ограничивать доступ к данным статистики, но не делали этого.

  Вторая недоработка относится к случаям, при которых запрос обращается к таблице через представление, и у владельца представления есть права на чтение нижележащей таблицы, а у вызывающего пользователя прав на доступ к представлению нет. Права владельца представления проходили проверку безопасности, и негерметичная функция применялась к статистике нижележащей таблицы до проверки прав вызывающего пользователя на доступ к представлению. Это было исправлено за счёт того, что проверки безопасности в отношении представлений теперь проводятся в начале планирования. Поэтому теперь ошибки прав могут возникать раньше.

  Проект PostgreSQL благодарит Дина Рашида за сообщение об этой проблеме. (CVE-2025-8713)

- Предотвращение использования скриптов pg_dump для атак на пользователя, выполняющего восстановление (Натан Боссарт)

Поскольку для операций выгрузки/восстановления обычно нужно запускать команды SQL от имени суперпользователя, целевая инсталляция обязана доверять исходному серверу. Однако из этого не следует, что пользователь операционной системы, использующий psql для восстановления, должен доверять такому серверу. Риск заключается в том, что злоумышленник, получивший права суперпользователя для управления исходным сервером, может отправить с него текст, который будет интерпретирован psql как метакоманды. Таким образом можно получить доступ уровня оболочки к учётной записи восстанавливающего пользователя, независимо от доступа к целевой базе данных.

Чтобы гарантировать, что этого не случится, в psql добавлена команда `\restrict`, которая предотвращает выполнение дальнейших метакоманд, и pg_dump выполняет её до того, как будут получены данные от исходного сервера.

Проект PostgreSQL благодарит Мартина Рахманова, Матье Денэ и РётаК за сообщение об этой проблеме. (CVE-2025-8714)

- Преобразование символов новой строки в пробелы в именах, указанных в комментариях вывода pg_dump (Ной Миш)

  Имена объектов, содержащие символы новой строки, позволяли внедрять произвольные команды SQL в скрипт вывода. (Без предыдущего исправления таким образом могли внедряться и метакоманды psql.) Этот класс проблем был устранён в рамках исправления CVE-2012-0868, однако последующая работа выявила некоторые повторные случаи.

  Проект PostgreSQL благодарит Ноя Миша за сообщение об этой проблеме. (CVE-2025-8715)

- Запрет снижения размера принимаемого XML ввода (Микаэль Пакье, Эрик Винхольд)

  В нашем обходном решении для ошибки в ранних выпусках libxml2 2.13.x использовалось место в коде, которое не принимало фрагменты текста, превышающие 10 МБ. У предыдущей версии кода такой проблемы не было. Ранние выпуски предположительно уже не поддерживаются, поэтому возвращаемся к использованию предыдущей версии кода.

- Триггеры уровня оператора теперь могут становится секциями или потомками в иерархии наследования (Эцуро Фудзита)

  Секциям или дочерним таблицам запрещено иметь триггеры на уровне строк с переходными таблицами, поскольку операция на всём дочернем дереве потребует поддержки отдельной переходной таблицы для каждой подобной дочерней таблицы. Однако проблема не возникает при использовании триггеров на уровне операторов, поскольку срабатывают только триггеры на уровне операторов родительской таблицы. В коде, который проверяет, может ли существующая таблица стать секцией или дочерний таблицей, не сработал ни один из двух видов триггеров.

- Недопущение сбора переходных кортежей для сторонних дочерних таблиц (Эцуро Фудзита)

  Триггеры с переходными таблицами на сторонних таблицах не поддерживаются. Однако ранее не был изучен случай секции или дочерней таблицы, которая является сторонней таблицей. Если у родительской таблицы есть подобный триггер, то с дочерней таблицы собираются неверные переходные кортежи. Вместо этого теперь появляется ошибка о том, что подобное поведение не поддерживается.

- Сокращение окна условий гонки для создания индексов с конфликтующими именами (Том Лейн)

  При выборе автоматически сгенерированного имени для индекса избегайте конфликтов с подтверждёнными и ещё не подтверждёнными строками `pg_class`. Это позволяет избежать возможного заимствования имени, как в случае с использованием команды `CREATE INDEX`, когда она находится в процессе заполнения индекса или уже завершена, но в рамках ещё не подтверждённой транзакции.

- Предотвращение использования неверных параметров `VACUUM` в случаях очистки нескольких таблиц в рамках одной команды (Натан Боссарт, Микаэль Пакье)

  Параметры `TRUNCATE` и `INDEX_CLEANUP` одной таблицы могут применяться к другим таблицам.

- Исправление обработки классов символов в регулярных выражениях `SIMILAR TO` (Лауренц Альбе)

  Код, переводящий выражения, соответствующие шаблону `SIMILAR TO`, в регулярные выражения POSIX, не воспринимал квадратные скобки как вложенный объект. Например, в шаблоне `[[:alpha:]%_]` символы `%` и `_` были восприняты кодом как метасимволы, а не константы.

- Добавление скобок вокруг выражения в предложениях `FETCH FIRST` *выражение* `ROWS WITH TIES` во всех случаях разбора запросов (Хейкки Линнакангас)

  Это позволяет избежать ошибок, если разобранные результаты были синтаксически неверными.

- Ограничение размера очереди запроса `fsync` процесса контрольной точки (Александр Коротков, Сюнэн Чжоу)

  При высоких значениях `shared_buffers` процесс контрольной точки может попытаться выделить больше одного гигабайта памяти для запросов `fsync`, что приведёт к сбою и бесконечному циклу. Чтобы этого избежать, необходимо ограничить размер очереди.

- Устранение бесконечного ожидания в логическом декодировании при чтении частично добавленных записей WAL (Вигнеш Си)

  Если после записи первой части нескольких страниц журнала предзаписи происходит сбой сервера, последующее логическое декодирование потока WAL будет ждать, пока данные запишутся на следующую страницу журнала. Это может произойти даже если сервер уже бездействует.

- Исправление разночтений в использовании кавычек с именами ролей в списке управления доступом (Том Лейн)

  Предыдущее правило зависело от локали, что могло привести к проблемам портирования при переносе значений `aclitem` между инсталляциями. (pg_dump этого не делает, но другие утилиты могут с этим столкнуться.) Для обеспечения единообразия всегда берите в кавычки символы, не относящиеся к ASCII, в выводе `aclitem`. Однако для обратной совместимости кавычки не должны быть обязательными для `aclitem` ввода.

- Запрещение знака равенства (=) в названиях параметров отношения и параметров сторонних данных (Том Лейн)

  Нет явного доказательства использования подобных названий параметров, а допущение использования этого знака приводит к неоднозначности в уже существующих.

- Исправление редкого сценария, при котором сканирование индекса методом `btree` ошибочно отмечало записи индексов как нерабочие (Питер Гейган)

- Исправление перераспределения сообщений аннулирования кеша от других транзакций во время логической репликации (Вигнеш Си)

  В ходе исправления ошибки предыдущих релизов был обеспечен ответ приёмника репликации на сообщения аннулирования кеша перекрёстных процессов, предотвращая таким образом использование неактуальных каталогов при обновлении репликации. Однако это исправление также повлияло на то, что эти сообщения перераспределялись, и это приводило к экспоненциальному росту числа сообщений аннулирования, а впоследствии к исчерпанию памяти. Теперь полученные сообщения не перераспределяются.

- Исправление раннего удаления старых журналов предзаписи в контрольных точках (Виталий Давыдов)

Если точка перезапуска слота репликации смещается вправо в процессе контрольной точки, уже не используемые сегменты журнала предзаписи могут быть преждевременно удалены, что приведёт к ошибке при восстановлении в случае сбоя базы данных сразу по завершении этого процесса. Теперь они хранятся ещё один цикл контрольной точки.

- Запрет на смещение влево подтверждённого слота репликации (Швета Малик)

  В некоторых случаях клиент репликации может обратиться к более раннему LSN, а потому, возможно, отправить после перезапуска более старый LSN. Это не считается ошибкой, пока клиенту не нужно обращаться к журналу предзаписи, находящемуся между двумя этими точками. Однако этот журнал нельзя переотправлять, поскольку это может привести к дублированию данных, поэтому всегда проверяйте, что слот работает с последним подтверждённым LSN.

- Возможность прервать ожидание транзакции на резервном сервере (Кевин Кей Бицзюй)

  Создание слота репликации на резервном сервере может потребовать завершения некоторых активных транзакций на основном сервере, после чего они скопируются на резервном. Поскольку время ожидания в данном случае неопределённое, рекомендуется давать возможность отменять такие операции, но в цикле не было проверки на отмену запроса.

- Исправление некоторых сценариев, при которых происходит попытка включения в выборку полей, упакованных в TOAST, из системного каталога без какого-либо снимка (Натан Боссарт)

  Раньше могли возникать сбой проверочного утверждения или ошибки вида «cannot fetch toast data without an active snapshot» (прочитать данные TOAST без активного снимка нельзя).

- Исправлена ошибка проверочного утверждения во время межтабличных обновлений ограничений (Том Лейн, Цзянь Хи)

- Устранение ошибочного утверждения, что тег команды был определён в конце `PortalRunMulti()` (Альваро Эррера)

  Ошибка воспроизводилась в крайних случаях, например при пустом значении подготовленного оператора.

- Восстановление возможности запускать выражения PL/pgSQL параллельно (Дипеш Дхамелия)

  Понятие «выражение» в PL/pgSQL трактуется очень широко. Оно включает любые SQL-запросы `SELECT`, возвращающие один столбец и не более одной строки. Поэтому в некоторых случаях, например при оценке агрегатной функции, обрабатывается большой объём данных и было бы полезно делать это параллельными рабочими процессами. Раньше это было возможно, однако из-за предыдущего исправления ошибки это стало невозможно.

- Исправление в особых случаях утечек ресурсов при работе механизма сообщения об ошибках PL/Python (Том Лейн)

  Исчерпание памяти при работе механизма сообщения об ошибках Python может привести к ошибке при попытке удалить счётчики ссылок на объекты Python, что приведёт исчерпанию памяти во всём сеансе.

- Исправлено поведение функции libpq `PQport()`, при котором значение NULL возвращалось, только если прошедшее соединение также было NULL (Даниэле Вараццо)

  Хотя это и задокументированное поведение, в последних версиях libpq значение NULL иногда возвращается, если пользователь не указал порт. Пришлось вернуться к историческому поведению PostgreSQL, при котором в таких случая возвращалась пустая строка. (в версиях 18 и будет возвращаться порт по умолчанию, обычно "`5432`".)

- Исправление ошибки в случаях, когда аутентификация GSSAPI требует пакеты размером более 16 КБ (Джейкоб Чемпион, Том Лейн)

  Такие большие пакеты для аутентификации требуются пользователям Active Directory, которые состоят во многих её группах. Это ограничение вызывает ошибки соединения с неясными сообщениями об ошибках, например «GSSAPI context establishment error: The routine must be called again to complete its function: Unknown error» (Ошибка установления контекста GSSAPI: Операцию необходимо повторить для завершения её работы: Неизвестная ошибка) .

- Устранение сбоя с зависимостью от времени при передаче данных SSL или GSSAPI (Том Лейн)

  При использовании шифрования SSL и GSSAPI в неблокирующем режиме библиотека libpq иногда выдавала ошибку «SSL error: bad length» (Ошибка SSL: неправильная длина) или «GSSAPI caller failed to retransmit all data needing to be retried» (вызывающей стороне GSSAPI не удалось повторно передать все необходимые данные).

- Исправление обращения по нулевому указателю во время поиска подключения в приложениях ecpg (Александр Алексеев)

  Это может произойти только если некоторые соединения приложения названы, а некоторые — нет.

- Обеспечение выгрузки pg_dump комментариев об ограничениях домена в правильном порядке (Цзянь Хи)

  В некоторых случаях команда комментирования может появиться до создания ограничения.

- Обеспечения стабильного порядка сортировки в приложении pg_dump для всех типов объектов БД (Ной Миш, Андреас Карлссон)

  pg_dump сортирует объекты по их логическим именам перед тем, как пересортировать по зависимостям. Этот вид сортировки не принимал во внимание полный уникальный ключ, а потом воспринимал некоторые типы объектов как правила и ограничения, что могло приводить к разному порядку сортировки для логически одинаковых БД. Из-за этого сложно было сравнивать базы данных по `diff` файлам вывода pg_dump, поэтому была улучшена логика для стабильной сортировки во всех случаях.

- Проверка наличия непоследовательных унаследованных ограничений `NOT NULL` в pg_upgrade (Али Акбар)

  Версии ранее PostgreSQL 18 позволяют удалять унаследованное ограничение `NOT NULL` для столбца. Однако это приводит к невозможности восстановить схему и последующей ошибке pg_upgrade. Теперь такие случаи выявляются во время проверок перед запуском pg_upgrade, что позволяет пользователям вносить исправления до инициализация обновления.

- Исправление ошибки проверочного утверждения, если `track_commit_timestamp` включён во время работы initdb (Хайато Курода, Энди Фан)

- Исправление возможных утечек открытых соединений во время установки соединения `contrib/dblink` (Том Лейн)

  В редких случаях, когда мы упираемся в лимит памяти во время вставки нового объекта соединения в хеш-таблицу `dblink`, может произойти утечка открытого соединения до конца сеанса, что оставит недействительный сеанс на удалённом сервере.

- Обеспечение способности `contrib/pg_prewarm` обрабатывать очень большие значения параметра конфигурации `shared_buffers` (Дарья Шанина)

  Рабочий процесс авторазогрева завершался ошибкой выделения памяти, если для параметра `shared_buffers` было задано значение больше примерно 50 миллионов буферов (400 ГБ).

- Устранение пропусков в наборе номеров параметров, используемых в нормализованном запросе `contrib/pg_stat_statements` (Сами Имсейх)

- Устранение утечки памяти в методах DirectModify модуля `contrib/postgres_fdw` (Том Лейн)

  Из-за того, что структура `PGresult` сдерживала результаты команды удалённого изменения, происходила утечка памяти для остального сеанса, если запрос завершался ошибкой между вызовами методов DirectModify. Это могло происходить, если запрос обрабатывал данные предложения `RETURNING`.

- Обеспечение поиска каталогов, указанных в параметрах `--with-includes` и `--with-libraries` скрипта configure, до системных каталогов (Том Лейн)

  Основная причина использования этих параметров в том, чтобы пользовательская версия библиотеки могла переопределить её системную версию. Однако это не работало в некоторых средах из-за некорректного порядка параметров в командах, выполняемых сборочными файлами.

- Исправление проверок скрипта configure для функций `__cpuid()` и `__cpuidex()` (Лукас Фиттл, Микаэль Пакье)

  Скрипту configure не удавалось выявить эти предназначенные для Windows функции, поэтому они не использовались. Это приводило к снижению скорости расчётов CRC ниже необходимого уровня, поскольку доступность инструкций для аппаратного обеспечения нельзя было проверить. На практике влияние этой ошибки было ограничено, так как для производственных сборок под Windows инструментарий Autoconf обычно не используется.

- Устранение ошибки сборки с параметром `--with-pam` на платформах на базе Solaris (Том Лейн)

  Solaris не соответствует другим платформам Unix с точки зрения API для аутентификации PAM. Это несоответствие проявляется в предупреждении компилятора «inconsistent pointer» (непоследовательный указатель), которое пока не было исправлено. Однако в наборе компиляторов GCC 14 это ошибка, а не предупреждение, поэтому добавляем исправление кода.

- Обеспечение возможности переноса кода на GNU Hurd (Михаэль Банк, Кристоф Берг, Самуэль Тибо)

  Исправление предположений о `IOV_MAX` и `O_RDONLY`, которые не работают на GNU Hurd.

- Обеспечение полного соответствия использования функции `memset_s()` стандарту C11 (Том Лейн)

  Это предотвращает сбой компиляции на некоторых платформах.

- Предотвращение предупреждений компилятора неинициализированных значений в коде сравнения JSONB (Том Лейн)

- Исключение предупреждений об устаревании при сборке с использованием libxml2 2.14 и позднее (Микаэль Пакье)

- Устранение проблем компиляции `pg_locale.h` на C++ (Джон Нейлор)

  Заголовочные файлы PostgreSQL обычно должны заворачиваться в `extern "C" { ... }` для включения в расширения, написанные на C++. Это не работало для файла `pg_locale.h`, так как он использует заголовки libicu. Тем не менее это можно обойти за счёт подавления объявлений только на C++ в таких заголовках. Расширения на C++, которым необходимо использовать API libicu на C++, могут делать это, добавляя заголовки libicu перед `pg_locale.h`.

E.2. Выпуск 13.21

Дата выпуска: 2025-05-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.20. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

Сообщество PostgreSQL прекратит выпуск обновлений для версии 13.X в ноябре 2025 г. Поэтому пользователям не следует медлить с переходом на более новую основную версию.

E.2.1. Миграция на версию 13.21

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете ограничения ссылающихся на себя внешних ключей в секционированных таблицах, может потребоваться пересоздать такие ограничения, чтобы удостовериться в их корректном применении. Обратитесь ко второму пункту в списке изменений ниже.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.17, см. также Раздел E.6.

E.2.2. Изменения

- Устранение выхода за границы буфера на один байт при проверке некорректно закодированных строк, которые якобы приведены в кодировке GB18030 (Ной Миш, Андрес Фройнд)

  Если неполный многобайтовый символ появлялся за пределами памяти, на сервере и в использующих libpq приложениях с невысокой вероятностью мог возникать сбой из-за ошибки сегментации SIGSEGV. (CVE-2025-4207)

- Исправление обработки ссылающихся на себя внешних ключей в секционированных таблицах (Альваро Эррера)

  При создании или присоединении секций для ограничения внешнего ключа не создавались необходимые записи каталога, если это ограничение ссылалось на ту же секционированную таблицу. По этой причине ограничение не применялось в полной мере.

  Чтобы устранить проблему, удалите и пересоздайте ссылающиеся на себя внешние ключи в секционированных таблицах, если секции были созданы или присоединены после создания ограничения. Обратите внимание, что строки, нарушающие ограничение, уже могут содержаться в таблицах, поэтому пересоздать ограничение в этом случае не получится и придётся исправить эти строки, чтобы попробовать устранить проблему ещё раз.

- Устранение непредвиденных ошибок «attribute has wrong type» (атрибут имеет неверный тип) в запросах `UPDATE`, `DELETE` и `MERGE`, при которых переменные «вся строка» таблицы ссылаются на представления или функции в предложении `FROM` (Том Лейн)

- Исправление обработки ссылок на имена внешних CTE внутри предложения `WITH`, присоединённого к команде `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE`/`MERGE`, которая сама находится внутри предложения `WITH` (Том Лейн)

  Анализатор запросов не выявлял недопустимые случаи рекурсивных запросов и не учитывал такие ссылки при сортировке CTE в корректном порядке выполнения.

- Исправление вывода некорректных результатов конструкциями `ARRAY(`*подзапрос*`)` и `ARRAY[`*выражение*`, ...]` при передаче данных типа `int2vector` или `oidvector` (Том Лейн)

  Это исправление восстанавливает поведение, которое демонстрировалось до версии PostgreSQL 9.5. Результат теперь снова выводится с типом `int2vector[]` или `oidvector[]`.

- Исправление возможных некорректных выводов ошибок о недействительных аффиксах во время разбора словарей Ispell (Джейкоб Брейзил)

- Исправление команды `ALTER TABLE ADD COLUMN` для корректной обработки типа данных домена со значением по умолчанию (Цзянь Хи, Том Лейн, Тендер Ван)

  Если у доменного типа было значение по умолчанию, при добавлении столбца этого типа (без явного указания предложения `DEFAULT`) значение домена по умолчанию к существующим строкам не применялось. Вместо этого в новом столбце подставлялось значение `NULL`.

- Улучшение текста сообщения об ошибке, которое выводится при попытках недопустимого изменения свойств ограничения внешнего ключа (Альваро Эррера)

- Исправление ошибки, возникавшей при сбросе флага `relhassubclass` временной таблицы, для которой указано предложение `ON COMMIT DELETE ROWS` (Ной Миш)

- Отключение оптимизации «пропуск выборки» в сканировании кучи по битовой карте (Маттиас ван де Меент)

Оказалось, что из-за этой оптимизации могли возвращаться мёртвые кортежи, когда параллельные операции очистки помечали страницу как полностью видимую.

- Устранение проблем производительности при запуске поиска по индексу GIN с большим числом поисковых ключей (Том Лейн, Винод Шридхаран)

  Поиск по индексируемым предложениям с большим числом поисковых ключей (например, `jsonbcol ?| array[...]` с десятками тысяч элементов массива) запускался через $O(N^2)$ времени. В течение этого временного промежутка его также нельзя было отменить.

- Выявление недостающих опорных процедур в классе операторов индекса BRIN и вывод ошибки вместо сбоя (Альваро Эррера)
- Устранение условий гонки при обработке параметра конфигурации `synchronous_standby_names` сразу после запуска сервера (Максим Мельников, Микаэль Пакье)

  В течение короткого промежутка времени после запуска системы обслуживающие процессы могли не дожидаться синхронного подтверждения транзакций, несмотря на установленный параметр `synchronous_standby_names`.

- Устранение сбоя функции `pg_strtof()` при передаче `NULL` в `endptr` (Александр Лахин, Том Лейн)
- Устранение сбоя при нехватке памяти в стеммере Snowball (Максим Коротков)
- Пропуск переработки и предварительного выделения WAL во время восстановления из архива во избежание повреждения файлов WAL, восстановленных из архива (Ной Миш, Арун Тхирупати)

  Это изменение также переносит правки кода из PostgreSQL 15, которые на момент выпуска версии считались лишь косметическими. Последующие правки кода показали, что эти изменения предотвращают повреждение данных.

- Предотвращение слишком сильного продвижения значения `catalog_xmin` в «ускоренном» режиме логического декодирования (Хоу Чжицзе)

  Ранее это могло приводить к очистке удалённых записей каталога, несмотря на то, что они потенциально могли быть необходимы процессу чтения WAL.

- Предотвращение потери данных при выполнении DDL-операций без сильной блокировки для таблиц, участвующих в логической репликации (Шлок Кьял, Хайато Курода)

  Изменения каталога, вызванные командами DDL, не отражались в процессах декодирования WAL, из-за чего последующие изменения декодировались с использованием устаревших данных каталога. Это потенциально могло приводить к повреждению данных.

- Запрет создания дубликата снимка при поиске по индексу во время логической репликации (Хейкки Линнакангас)
- Исправление слишком строгого проверочного утверждения в функции `gistFindCorrectParent()` (Хейкки Линнакангас)
- Исправление ошибки «unexpected plan node type» (неожиданный тип узла плана) в PL/pgSQL при определении прокручиваемого курсора для простого запроса `SELECT` *выражение* (Андрей Лепихов)
- Запрет удаления отдельных секций индекса в режиме `--clean` утилиты pg_dump (Цзянь Хи)

  Сервер не принимает такие команды `DROP`. Однако реальных последствий это не вызывает, поскольку секции всё равно удалятся при последующем удалении их родительских таблиц или секционированного индекса. Тем не менее выводимая ошибка о попытке удаления мешала во время восстановления в режиме `--single-transaction`.

- Запрет генерирования недействительных команд GRANT для ролей утилитой pg_dumpall, если в каталоге pg_auth_members содержатся недействительные OID ролей (Том Лейн)

  Вместо этого теперь выводится предупреждение, и вхождение каталога пропускается. Такое решение позволяет лучше справляться с повреждением каталога, которое могло возникать в ветвях старых версий в результате условий гонки между командами GRANT и DROP ROLE.

- Возможность прерывать запросы contrib/dblink операцией отмены запроса (Ной Миш)

  Это изменение также переносит правки кода из PostgreSQL 17. Оно предотвращает возможные зависания команд CREATE DATABASE и DROP DATABASE из-за ошибок при определении взаимоблокировок.

- Устранение сбоя при передаче повреждённых входных данных функции heap_page_items() модуля contrib/pageinspect (Дмитрий Коваленко)

- Устранение сбоя проверочного утверждения в функции pg_freespace() модуля contrib/pg_freespacemap (Тендер Ван)

  Вызов функции pg_freespace() для отношений без физического хранилища (например, для представлений) приводил к сбою проверочного утверждения, хотя негативно на сборки без проверочных утверждений это не влияло. Теперь для таких случаев добавлена проверка ошибок.

- Исправление ошибки сборки в macOS 15.4 (Том Лейн, Питер Эйзентраут)

  Обновление macOS повредило проверку конфигурации для функции strchrnul().

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2025b, включающее изменение правил перехода на летнее время в Чили, а также корректировку исторических данных для Ирана (Том Лейн)

  Появился новый часовой пояс America/Coyhaique для области Айсен в Чили, который позволяет учитывать для неё часовой пояс UTC-03 без перехода на летнее время и соответствующее расхождение с поясом America/Santiago.

E.3. Выпуск 13.20

Дата выпуска: 2025-02-20

В этот выпуск вошло несколько исправлений, внесённых после версии 13.19. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

Сообщество PostgreSQL прекратит выпуск обновлений для версии 13.X в ноябре 2025 г. Поэтому пользователям не следует медлить с переходом на более новую основную версию.

E.3.1. Миграция на версию 13.20

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.17, см. также Раздел E.6.

E.3.2. Изменения

- Улучшение поведения функций с обработкой экранирования libpq (Андрес Фройнд, Том Лейн)

  Изменения, внесённые для CVE-2025-1094, имели одно серьёзное упущение: функции PQescapeLiteral() и PQescapeIdentifier() не учитывали параметр длины строк и вместо этого всегда выполняли чтение до завершающего нулевого символа входной строки. Это приводило к включению нежелательного текста в вывод при усечении строки вызывающим кодом через параметр длины, а в некоторых особенно неудачных случаях могло вызывать сбои из-за считывания за пределами памяти.

Кроме того, все функции с обработкой экранирования были изменены так, чтобы при обнаружении недопустимой кодировки недопустимая последовательность заменялась только на первый байт предполагаемого символа, а не на весь символ. Это снижает риск возникновения проблем, если вызывающее приложение выполняет дополнительную обработку строки с экранированием.

- Устранение сбоя, связанного с триггерами секционированных таблиц, использующими переходные таблицы (Кётаро Хоригути)

  При наличии как триггера `AFTER UPDATE`, так и `AFTER DELETE` необходимость в переходных таблицах определялась неправильно, что приводило к сбою во время изменений, затрагивающих разные секции.

E.4. Выпуск 13.19

Дата выпуска: 2025-02-13

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.18. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

Сообщество PostgreSQL прекратит выпуск обновлений для версии 13.X в ноябре 2025 г. Поэтому пользователям не следует медлить с переходом на более новую основную версию.

E.4.1. Миграция на версию 13.19

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.17, см. также Раздел E.6.

E.4.2. Изменения

- Усиление `PQescapeString` и родственных функций для защиты от некорректно закодированных входных строк (Андрес Фройнд, Ной Миш)

  Функции с обработкой экранирования, предоставляемые libpq, теперь полностью проверяют допустимость кодировки входных данных. При обнаружении недопустимых символов выдаётся ошибка, если это возможно. Для функций, не возвращающих ошибки, выходная строка корректируется, чтобы гарантировать, что сервер распознает недопустимую кодировку, и при промежуточной обработке ошибочный байт не будут принят за одинарную кавычку, обратную косую черту и т. д.

  Цель этого изменения — защита от возможных атак методом SQL-инъекций, если одна из этих функций используется для экранирования специально сконструированного входного значения. Если полученная строка отправляется напрямую на сервер PostgreSQL (который в любом случае проверит её кодировку), опасности нет. Однако риск возникает, если строка проходит через psql или другой код на стороне клиента. Ранее такой код не проверял кодировку достаточно тщательно, и во многих случаях оставалось неясно, как следовало бы реагировать на обнаруженные ошибки.

  Это исправление эффективно только в том случае, если функция с обработкой экранирования, сервер и любые промежуточные процессы используют одну и ту же кодировку. Особенно важно следить за использованием одной кодировки приложениям, которые вставляют недоверенные входные данные в SQL-запросы.

  Приложения и драйверы, экранирующие недоверенные входные данные без использования функций libpq, могут столкнуться с подобными проблемами. Сначала им следует проверять, что входные данные соответствуют ожидаемой сервером кодировке.

  Проект PostgreSQL благодарит Стивена Фьюэра за сообщение об этой проблеме.
  (CVE-2025-1094)

- Исключение параллельных рабочих процессов из проверок и ограничений прав подключения (Том Лейн)

  Теперь при запуске параллельного рабочего процесса не проверяются привилегии `datalowconn`, `rolcanlogin` и `ACL_CONNECT`. Предполагается, что достаточно ведущему процессу пройти аналогичные проверки. Это позволяет избежать, например, неожиданных завершений параллельных запросов с ошибкой, если ведущий процесс выполнялся от имени роли без права входа. Кроме того, ограничения `ReservedConnections`, `datconnlimit` и `rolconnlimit` теперь применяются только к обычным обслуживающим процессам, и только они учитываются при подсчёте количества подключений. Эти ограничения предназначены для предотвращения чрезмерного потребления слотов подключений для обычных процессов, но у параллельных рабочих процессов и других специальных процессов есть собственные пулы слотов с собственными проверками ограничений.

- Поддержка синхронизации `TransactionXmin` с `MyProc->xmin` (Хейкки Линнакангас)

  Ранее процесс мог попытаться получить доступ к уже удалённым данным. Одним из известных последствий являлись временные ошибки типа «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции).

- Устранение условий гонки, которые могли привести к ошибке при добавлении новой записи каталога в список кеша каталога (Хейкки Линнакангас)

  Это могло приводить, например, к тому, что в текущем сеансе не могла использоваться только что созданная функция.

- Предотвращение возможного повреждения каталога при очистке системного каталога одновременно с его изменением (Ной Миш)

- Устранение повреждения данных при возникновении ошибки во время усечения отношений (Томас Манро)

  Файловые операции, необходимые для усечения отношений, могли завершиться ошибкой, оставив несогласованное состояние на диске (например, фактически восстанавливая удалённые данные). Это невозможно предотвратить полностью, но теперь ошибки такого рода получили уровень PANIC, так что после их появления можно запустить восстановление согласованности данных путём повторного воспроизведения WAL до момента, непосредственно предшествующего попытке усечения. Это не лучшее решение, но такие ошибки возникают достаточно редко, чтобы считать такой подход приемлемым.

- Предотвращение запуска контрольных точек во время усечения отношений (Роберт Хаас)

  Это позволяет избежать условий гонки, при которых изменённый файл мог не сохраниться на диске до завершения контрольной точки, что создавало риск повреждения данных, если вскоре после этого происходил сбой операционной системы.

- Использование функции `rename()` вместо `link()`/`unlink()` для переименования файлов (Натан Боссарт)

  Ранее код должен был гарантировать, что операция не сможет случайно перезаписать существующий файл. Однако в результате сбоя могли появиться две ссылки на один и тот же файл, что усложняло последующие операции и создавало риск повреждения данных. На практике эта функциональность не используется в случаях, когда целевой файл уже может существовать, поэтому в этом исправлении принято решение отказаться от гарантии отсутствия перезаписи, но устранить опасность множественных ссылок.

- Исключение возможной потери изменений `pg_database.datfrozenxid` в случае выполнения `VACUUM` одновременно с командой `REASSIGN OWNED`, которая изменяет владельца этой базы данных (Кирилл Решке)

- Исправление передачи некорректных значений `tg_updatedcols` триггерам `AFTER UPDATE` (Том Лейн)

В некоторых случаях битовая карта `tg_updatedcols` могла описывать набор столбцов, изменённых предшествующей командой в той же транзакции, что заставляло неверно срабатывать триггер.

Кроме того, предотвращено увеличение используемого объёма памяти, вызванное созданием слишком большого количества копий битовой карты `tg_updatedcols`.

- Исправление обработки кодов формата `FF`*n* функцией `to_timestamp` (Том Лейн)

  Ранее, если непосредственно перед `FF`*n* находился код целочисленного формата, могли использоваться все доступные цифры, оставляя `FF`*n* без значений.

- Реализация проверки заключения имён пространств имён XML в двойные кавычки при разборе выражения `XMLTABLE()` (Дин Рашид)
- Добавление параметра `ldapscheme` в вывод функции `pg_hba_file_rules()` (Лауренц Альбе)
- Исключение объединения операций `UNION`, если их правила сортировки столбцов не согласованы (Том Лейн)

  Ранее правила сортировки игнорировались при принятии решения о том, безопасно ли объединять шаги `UNION` в одну многократную операцию `UNION`. Это могло быть допустимо до введения недетерминированных правил сортировки, но теперь ситуация изменилась, поскольку используемая сортировка может влиять на определение уникальности.

- Исправление обработки пропущенных выражений в логике отсечения секций (Том Лейн)

  Это упущение могло приводить к ошибкам вида «unrecognized node type» (нераспознанный тип узла) и потенциально к другим проблемам при выполнении запросов к секционированным таблицам.

- Снятие ограничения размера таблиц dshash в 1 ГБ (Маттиас ван де Меент)

  Это позволяет избежать ошибок типа «invalid DSA memory alloc request size» (недопустимый запрошенный размер разделяемой памяти DSA). Такая ситуация могла возникнуть, например, в транзакциях, обрабатывающих несколько миллионов таблиц.

- Предотвращение возможного целочисленного переполнения в функции `bringetbitmap()` (Джеймс Хантер, Евгений Горбанёв)

  Поскольку результат используется только в статистических целях, последствия этой ошибки были в основном косметическими.

- Предотвращение зацикливания резервных серверов потоковой репликации при чтении записей WAL, переходящих на другую страницу (Кётаро Хоригути, Александр Кукушкин)

  Это могло произойти, если запись продолжалась на странице, которую необходимо было прочитать из другого источника WAL.

- Устранение непреднамеренного повышения уровня ошибок FATAL до PANIC в начале запуска процессов (Ной Миш)

  Это исключает некоторые маловероятные случаи, которые могли привести к ошибкам вида «PANIC: proc_exit() called in child process» (ПАНИКА: в дочернем процессе вызван proc_exit()).

- Исключение случаев, в которых оператор семейства операторов или опорная процедура могли стать недействительными (Том Лейн)

  В некоторых случаях тип данных мог быть удалён, а ссылки на его OID по-прежнему оставались в `pg_amop` или `pg_amproc`. Это могло приводить к проблемам в будущем, так как попытка удалить владеющее оператором семейство завершалась ошибкой, и pg_dump генерировал некорректный вывод при выгрузке семейства операторов. В указанном исправлении при создании и изменении семейств/классов операторов добавляются необходимые зависимости, так что при удалении типа данных также удаляются любые зависимые элементы семейства операторов. Однако на уже существующие семейства операторов это исправление не распространяется, поэтому в DROP OPERATOR FAMILY также было добавлено временное решение, чтобы предотвратить сбой при удалении семейства, в котором есть недействительные члены.

- Устранение множественных утечек памяти в выводе логического декодирования (Вигнеш Си, Масахико Савада, Боюй Янг)
- Устранение маловероятного сбоя при нехватке памяти из-за отсутствия проверок корректности результатов функции malloc() (Карина Лицкевич)
- Предотвращение целочисленного переполнения при проверке условия wal_skip_threshold (Том Лейн)

  Транзакция, которая создавала очень большое отношение, могла по ошибке решить обеспечить надёжность путём копирования отношения в WAL вместо того, чтобы синхронизировать его с помощью fsync, тем самым лишая смысла wal_skip_threshold. (Это имеет значение только в случае, когда для wal_level установлено значение minimal, в противном случае всё равно требуется копия WAL.)
- Исключение небезопасного порядка операций во время поиска в кеше (Ной Миш)

  Единственным известным последствием такого порядка было обычно безобидное предупреждение «you don't own a lock of type ExclusiveLock» (нет блокировки типа ExclusiveLock) при вызове команды GRANT TABLESPACE.
- Устранение возможных ошибок вида «failed to resolve name» (не удалось разрешить имя) при использовании JIT на старых платформах ARM (Томас Манро)

  Они могли появляться из-за несоответствия значения по умолчанию для -moutline-atomics между компиляторами gcc и clang. В Debian и Ubuntu поставляются компиляторы gcc и clang, ориентированные на armv8-a, но обработка атомарных операций по умолчанию различается.
- Исправление обработки точек соединения в Windows, созданных не PostgreSQL (Томас Манро)

  Ранее работа initdb завершалась ошибкой, если путь к каталогу данных включал точки соединения, которые разворачивались в другую точку соединения или не в абсолютный путь с буквой диска.
- Устранение сбоев проверочных утверждений в запросах WITH RECURSIVE ... UNION (Дэвид Роули)
- Предотвращение сбоев проверочных утверждений при разборе правил в случаях, когда конечный запрос содержит операции с множествами (Ман Цзэн, Том Лейн)
- Предотвращение сбоев проверочных утверждений в особых случаях при запуске параллельных запросов (Том Лейн)
- Устранение сбоев проверочных утверждений, возникавших в редких случаях во время усечения отношений (Хейкки Линнакангас)
- Предотвращение в функции NULLIF() передачи указателя на развёрнутый объект для чтения и записи в функцию равенства для типа данных (Том Лейн)

  Если функция равенства изменяла или удаляла объект, для которого передан указатель на чтение-запись, могли возникать ошибки, если функция NULLIF() возвращала этот объект. Встроенные функции равенства не вызывали проблем, но в функциях на PL/pgSQL происходил сбой.
- Устранение утечек памяти в PL/Python (Мэт Арье, Том Лейн)

  Многократное использование PLyPlan.execute или plpy.cursor приводило к утечке памяти во время вызова функции PL/Python.
- Исправление PL/Tcl для корректной компиляции с Tcl 9 (Питер Эйзентраут)
- Исключение в препроцессоре ecpg возможной некорректной обработки курсоров, ссылающихся на переменные вне текущей области (Том Лейн)

- Корректная выдача предупреждений в ecpg об отсутствии поддержки `COPY ... FROM STDIN` (Рё Канбаяши)

  Ранее предупреждение не выдавалось из-за опечатки.

- Обеспечение корректной обработки имён путей к файлам, закодированных в SJIS, в psql (Том Лейн)

  У некоторых двухбайтовых символов в SJIS второй байт равнозначен обратному слешу в ASCII (\). Эти символы повреждались при нормализации имени пути, из-за чего файлы с такими символами в именах становились недоступны.

- Исключение использования неправильной версии `pqsignal()` в pgbench и psql (Фудзии Масао, Том Лейн)

  Эта ошибка могла приводить к неправильному поведению при использовании параметра `-T` в pgbench или команды `\watch` в psql из-за того, что прерванные системные вызовы не возобновлялись должным образом.

- Исправление некорректного выполнения некоторых вложенных конструкций `\if` в pgbench (Михаил Николаев)

  Команда `\if` в не той (не выполнявшейся) ветви `\if` ошибочно обрабатывалась так же, как `\elif`.

- Исправление возможного некорректного отображения сообщений о прогрессе выполнения во время инициализации таблицы в pgbench (Юси Огивара, Тацуо Исии, Фудзии Масао)

- Повышение устойчивости pg_controldata к повреждённым файлам `pg_control` (Ян Ильясов, Антон Волошин)

  Поскольку pg_controldata пытается выводить содержимое `pg_control`, даже если не пройдена проверка CRC, должно быть предусмотрено корректное поведение при недопустимых значениях полей. Это исправление исключает некоторые проблемы, вызываемые недопустимыми метками времени и отрицательными размерами сегментов WAL.

- Устранение возможного сбоя в pg_dump из-за последовательностей идентификаторов, которые связаны с таблицами, принадлежащими расширениям (Том Лейн)

- Исправление pg_basebackup для корректной обработки файлов `pg_wal.tar`, размер которых превышает 2 ГБ в Windows (Давиндер Сингх, Томас Манро)

- Изменение проверок конфигурации, определяющих переключатели компилятора, необходимые для доступа к инструкциям ARM CRC (Том Лейн)

  На платформах ARM, где базовый процессор не поддерживает инструкции CRC, необходимо использовать переключатель `-march`, чтобы заставить компилятор скомпилировать такие инструкции. В последних версиях gcc отклоняет ранее используемое значение, что приводило к возврату к программному CRC без уведомления об этом.

- Попытка переключиться на компилятор C17 при обнаружении C23 во время configure (Томас Манро)

  Версии PostgreSQL ниже 16 не компилируются по правилам C23. Если выбранный компилятор по умолчанию использует C23 или выше, попробуйте добавить ключ `-std=gnu17`. (Если это не сработает для вашего компилятора, вручную укажите `CFLAGS` с подходящим ключом.)

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2025a, включающее изменение правил перехода на летнее время в Парагвае, а также корректировку исторических данных для Филиппин (Том Лейн)

E.5. Выпуск 13.18

Дата выпуска: 2024-11-21

В этот выпуск вошло несколько исправлений, внесённых после версии 13.17. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.5.1. Миграция на версию 13.18

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.17, см. также Раздел E.6.

E.5.2. Изменения

- Восстановление функциональности команды `ALTER {ROLE|DATABASE} SET role` (Том Лейн, Ной Миш)

  Исправление для CVE-2024-10978 случайно привело к тому, что параметры для `role` не применялись, если поступали из неинтерактивных источников, включая предыдущие команды `ALTER {ROLE|DATABASE}` и переменную среды `PGOPTIONS`.

- Устранение случаев, в которых значение `restart_lsn` слота логической репликации могло уменьшаться (Масахико Савада)

  Ранее перезапуск логической репликации иногда мог приводить к повторному вычислению точки перезапуска слота как более старого значения, чем было объявлено ранее в `pg_replication_slots`. Из-за этого файлы WAL могли быть удалены на основе более позднего значения `restart_lsn`, и в этом случае репликация не могла перезапуститься.

- Подсчёт количества сканирований индексов `contrib/bloom` в представлениях статистики, таких как счётчик `pg_stat_user_indexes.idx_scan` (Масахиро Икеда)

- Устранение сбоя при проверке изменений параметров классов операторов индекса (Александр Коротков)

  Некоторые формы `ALTER TABLE` завершались ошибкой, если у таблицы был индекс с параметрами классов операторов, отличными от значений по умолчанию.

E.6. Выпуск 13.17

Дата выпуска: 2024-11-14

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.16. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.6.1. Миграция на версию 13.17

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Тем не менее, если вы когда-либо выполняли отсоединение секции от секционированной таблицы, которая ссылалась на другую секционированную таблицу при помощи внешнего ключа, и старая секция не была удалена, возможно, вам придётся исправлять повреждение каталогов и/или данных, как подробно описано ниже в пятом пункте списка изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.14, см. также Раздел E.9.

E.6.2. Изменения

- Пометка кешированных планов как зависимых от выполняющих их ролей, когда защита на уровне строк (RLS) применяется для ссылки на таблицу не на верхнем уровне (Натан Боссарт)

  Если общее табличное выражение (CTE), подзапрос, подссылка, представление с контекстом безопасности вызывающего или проекция приведения в запросе ссылались на таблицу с политикой защиты на уровне строк, результирующий план не помечался как потенциально зависимый от выполняющей его роли. Это могло приводить к тому, что последующие запросы в том же сеансе выполнялись с некорректным планом, а скрытые строки возвращались или возвращаемые скрывались.

Проект PostgreSQL благодарит Вольфганга Вальтера за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-10976)

- Библиотека libpq теперь игнорирует сообщения об ошибках, получаемые во время согласования протоколов SSL или GSS (Джейкоб Чемпион)

  Злоумышленники могут подменять реальное выходное сообщение сервера об ошибке, получаемое до того, как завершено согласование криптографического протокола. Это может приводить к различным угрозам безопасности, например, злоумышленник может подменить результат запроса, а невнимательный пользователь спутает его с реальным результатом. Лучше всего игнорировать такие сообщения об ошибках и доверять только сообщениям libpq о сбое соединения.

  Проект PostgreSQL благодарит Джейкоба Чемпиона за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-10977)

- Исправление нежелательного взаимодействия команд `SET SESSION AUTHORIZATION` и `SET ROLE` (Том Лейн)

  Согласно стандарту SQL, команда `SET SESSION AUTHORIZATION` имеет побочный эффект в виде выполнения команды `SET ROLE NONE`. Это было реализовано некорректно, что приводило к дополнительному нежелательному взаимодействию между двумя командами. В частности, откат транзакции, в которой была выполнена команда `SET SESSION AUTHORIZATION`, приводил к откату `ROLE` до `NONE`, даже если ранее было другое значение, и действующий идентификатор пользователя мог отличаться от идентификатора до выполнения транзакции. Временное включение `session_authorization` в предложении `SET` функции приводило к тому же результату. Дополнительная ошибка заключалась в том, что при исследовании `current_setting('role')` параллельным рабочим процессом он видел `none`, даже если должен был видеть иное значение.

  Проект PostgreSQL благодарит Тома Лейна за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-10978)

- Запрет на изменение переменных окружения доверенным кодом PL/Perl (Эндрю Дунстан, Ной Миш)

  Возможность изменять переменные окружения процессов, такие как `PATH`, позволяет злоумышленнику выполнять произвольный код. Поэтому теперь это запрещено для «доверенных» процедурных языков. Чтобы исправить проблему с `plperl`, замените `%ENV` на связанный хеш, который запрещает вносить изменения с выводом предупреждения. Недоверенный язык `plperlu` сохраняет возможность изменять переменные окружения.

  Проект PostgreSQL благодарит Коби Абрамса за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-10979)

- Исправление обновлений состояния каталога для ограничений внешнего ключа при присоединении или отсоединении секций таблицы (Жеан-Гийом де Рорте, Альваро Эррера)

  Если целевая таблица секционирована, для ссылающейся таблицы, которая является отдельной, а не секцией, необходимы другие записи каталога. Команды `ATTACH/DETACH PARTITION` выполняли это преобразование некорректно. В частности, после выполнения команды `DETACH` для новой отдельной таблицы терялись триггеры обеспечения целостности внешнего ключа, из-за чего в таблице могли появляться строки, не выполняющие требования по ограничению внешнего ключа. Кроме того, последующее повторное присоединение командой `ATTACH` могло приводить к неожиданным ошибкам.

  Это можно исправить, выполнив команду `ALTER TABLE DROP CONSTRAINT` для новой отдельной таблицы в отношении каждого ограничения с ошибкой и добавив ограничение заново. Ошибка при повторном добавлении ограничения означает появление ошибочных данных. В этом случае необходимо заново и вручную обеспечить целостность целевой и ссылающейся таблиц, а затем ещё раз добавить ограничение.

Используйте запрос ниже, чтобы выявить нарушенные ограничения и подготовить команды для создания таких ограничений заново:

```
SELECT conrelid::pg_catalog.regclass AS "constrained table",
       conname AS constraint,
       confrelid::pg_catalog.regclass AS "references",
       pg_catalog.format('ALTER TABLE %s DROP CONSTRAINT %I;',
                         conrelid::pg_catalog.regclass, conname) AS "drop",
       pg_catalog.format('ALTER TABLE %s ADD CONSTRAINT %I %s;',
                         conrelid::pg_catalog.regclass, conname,
                         pg_catalog.pg_get_constraintdef(oid)) AS "add"
FROM pg_catalog.pg_constraint c
WHERE contype = 'f' AND conparentid = 0 AND
   (SELECT count(*) FROM pg_catalog.pg_constraint c2
    WHERE c2.conparentid = c.oid) <>
   ((SELECT count(*) FROM pg_catalog.pg_inherits i
    WHERE (i.inhparent = c.conrelid OR i.inhparent = c.confrelid) AND
      EXISTS (SELECT 1 FROM pg_catalog.pg_partitioned_table
              WHERE partrelid = i.inhparent)) +
    CASE WHEN pg_catalog.pg_partition_root(conrelid) = confrelid THEN
              (SELECT count(*) FROM pg_catalog.pg_partition_tree(confrelid)
                WHERE level = 1)
         ELSE 0 END);
```

Поскольку один или несколько этапов выполнения команды ADD CONSTRAINT могут завершиться ошибкой, сохраните вывод запроса в файл и попробуйте заново повторить каждый этап.

- Запрет выполнения команды ALTER TABLE ATTACH PARTITION, если у присоединяемой таблицы есть внешний ключ, ссылающийся на секционированную таблицу (Альваро Эррера)

  Такая комбинация действий не поддерживается, и другие варианты её воспроизведения и ранее завершались ошибкой.

- Запрет использования соединений или группировки с учётом секционирования, если сортировка в запросе для столбца ключа не соответствует сортировке ключа секционирования (Цзянь Хи, Веббо Хан)

  Такие планы ранее могли приводить к некорректным результатам.

- Исправление возможной ошибки «could not find pathkey item to sort» (не удалось найти элемент ключей пути для сортировки), когда необходима сортировка вывода запроса с оператором UNION ALL, а столбец сортировки является выражением (Андрей Лепихов, Том Лейн)
- Возможность отменять второй этап построения индекса для крупных хеш-индексов (Павел Борисов)
- Исправление сбоя проверочного утверждения или сбивающего с толку сообщения об ошибке выполнения команды COPY (*запрос*) TO ..., когда *запрос* переписывается правилом DO INSTEAD NOTIFY (Тендер Ван, Том Лейн)
- Исправление выявления асимметричных данных во время параллельного соединения по хешу (Томас Манро)

  После пересекционирования внутренней стороны соединения по хешу из-за слишком большого количества накопленных кортежей в одной секции проверялось, что все кортежи секции попадали в одну и ту же дочернюю секцию. Так предполагалось, что у всех кортежей одно хеш-значение и последующее пересекционирование не может привнести улучшений. В некоторых случаях эта проверка не работала, из-за чего выполнялось бессмысленное многократное пересекционирование, что в итоге приводило к ошибке исчерпания ресурсов.

- Устранение условий гонки при фиксации сериализуемой транзакции (Хейкки Линнакангас)

Некорректная обработка недавно зафиксированной транзакции могла приводить к сбою проверочного утверждения или ошибке «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции).

- Устранение условий гонки при выполнении команды `COMMIT PREPARED`, которые приводили к наличию потерянных файлов двухфазной фиксации (2PC) (У Чэнвэнь)

  Параллельное выполнение нескольких команд `PREPARE TRANSACTION` могло приводить к тому, что команда `COMMIT PREPARED` не удаляла файл состояния двухфазной фиксации на диске для завершённой транзакции. Мгновенно к негативным последствиям это не приводило, однако при последующем восстановлении после сбоя могла возникать ошибка «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции), что требовало ручного удаления потерянного файла для восстановления службы.

- Предотвращение некорректного обращения к памяти после пропуска нерабочего индекса TOAST во время выполнения команды `VACUUM FULL` (Тендер Ван)

  Список, отслеживающий подлежащие перестройке индексы, некорректно обновлялся в этом месте кода, что могло приводить сбоям проверочных утверждений или отказам в будущем.

- Исправление возможных потерь обновлений каталога «на месте» (Ной Миш)

  При обычном обновлении строк новая версия строки записывается, чтобы сохранить возможность отката транзакции. Однако при обновлении некоторых системных каталогов транзакции намеренно не затрагиваются, и в таком случае строка обновляется на месте. Данное исправление устраняет условия гонки, которые могли приводить к потере обновлений на месте. Одним из примеров была потеря того, что для `pg_class.relhasindex` задано значение true, что приводило к невозможности обновления нового индекса и, следовательно, его повреждению.

- Сброс кеша каталогов в конце процесса восстановления (Ной Миш)

  Таким образом предотвращаются сценарии, при которых обновления каталога на месте могли быть потеряны из-за использования устаревших данных из кеша каталога.

- Предотвращение параллельного выполнения запросов при сдерживании прерываний (Франческо Деграсси, Ной Миш, Том Лейн)

  С этой ситуацией невозможно было столкнуться во время обычной работы, но можно было воспроизвести при помощи тестовых сценариев, например использовав SQL-функцию в качестве опорной для B-дерева (что слишком медленно для промышленной эксплуатации). При успешном воспроизведении возникала ситуация бесконечного ожидания.

- Защита от переполнения стека в libxml2, если вводные данные XML имеют слишком много уровней вложенности (Том Лейн с благодарностью Нику Велнхоферу)

  Теперь вместо функции `xmlXPathCompile()` используется `xmlXPathCtxtCompile()`, поскольку `xmlXPathCompile()` не защищает от переполнения стека при рекурсии в выпусках libxml2 ниже 2.13.4.

- Исправление ошибки «failed to find plan for subquery/CTE» (не удалось найти план для подзапроса/CTE) при выполнении команды `EXPLAIN` (Ричард Гуо, Том Лейн)

  Проблема возникала при попытке добавления ссылок в поля вывода типа RECORD подзапроса, когда подзапрос был исключён из плана в ходе оптимизации (что было возможно, по крайней мере, потому что условие `WHERE` постоянно не выполнялось). В плане не оставалось данных, позволяющих идентифицировать исходные имена полей, поэтому теперь для *N*-го столбца записи снова отображается `f`*N*. (В действительности это корректное поведение, если вывод типа RECORD является результатом конструкции `ROW()`.)

- Запрет предложения `USING` при изменении типа генерируемого столбца (Питер Эйзентраут)

  У генерируемого столбца уже есть выражение с указанием содержимого столбца, поэтому включение предложения `USING` не имеет смысла.

- Игнорирование ещё не определённых порталов в представлении `pg_cursors` (Том Лейн)

  Определённый пользователем код, исследующий это представление, мог вызываться при настройке нового курсора. Если это случалось, происходило обращение по нулевому указателю. Проблема решена определением представления так, чтобы исключать курсоры, которые ещё не полностью настроены.

- Уменьшение потребления памяти при логическом декодировании (Масахико Савада)

  Теперь используется блок по умолчанию меньшего размера для хранения данных кортежей, получаемых во время логического декодирования. Таким образом снижается потеря памяти, которая, как сообщается, была существенной, возникала во время длительных транзакций и даже приводила к сбоям из-за нехватки памяти.

- Повторное отключение отправки сеансовых билетов (TLSv1.2) без сохранения состояния (Даниэль Густафссон)

  Предыдущее изменение, направленное на отключение отправки сеансовых билетов (TLSv1.3) с сохранением состояния, случайным образом влекло повторное включение отправки билетов без сохранения состояния. Из-за этого некоторые клиенты ошибочно полагали, что возобновление сессий TLS возможно.

- Предотвращение ошибки «wrong tuple length» (некорректная длина кортежа) при удалении базы данных с большим числом записей в ACL (разрешений) (Аюш Тивари)

- Возможность корректировать параметры `session_authorization` и `role` в параллельных рабочих процессах (Том Лейн)

  В коде предусмотрено разрешение на изменение параметров сервера через предложения `SET` функций, но не другими способами внутри параллельного рабочего процесса. Однако ранее для двух этих параметров предложения `SET` не работали.

- Исправление поведения стабильных функций, вызываемых из списка аргументов оператора `CALL`, где `CALL` находится в блоке `EXCEPTION` PL/pgSQL (Том Лейн)

  Как и до исправления в предыдущем квартальном выпуске, таким функциям ранее передавался неправильный снимок, в результате чего они получали устаревшие значения строк, которые уже изменились с момента начала внешней транзакции.

- Разбор параметра подключения `keepalives` в libpq так же, как и других целочисленных параметров (Юто Сасаки)

  В используемом коде запрещались завершающие пробелы в значении параметра, в отличие от других случаев. Это оказалось проблемой, например, в использовании ecpg.

- Предотвращение использования `pnstrdup()` в ecpglib (Джейкоб Чемпион)

  Эта функция вызывает `exit()` при нехватке памяти, что нежелательно для библиотеки. Код, вызывающий функцию, уже правильно обрабатывает ошибки выделения памяти.

- Исправление чтения за пределами выборки при разборе некорректных даты и времени в ecpglib (Брюс Момджян, Павел Некрасов)

  Ранее было возможно попытаться считать расположение непосредственно перед началом константного массива. Однако практические следствия этой ошибки незначительны.

- Включение исходной истории линии времени в вывод отладочных сообщений pg_rewind (Хейкки Линнакангас)

  Так было задумано изначально, но из-за ошибки в коде вместо исходной истории всегда выводилась пустая строка.

- Исправление некорректного поведения в работе точек соединения в Windows, в частности для pg_rewind (Александра Ван)

Для этого в старые версии перенесены предыдущие изменения, сделанные Томасом Манро, Питером Эйзентраутом, Александром Лахиным и Хуаном Хосе Сантамария Флеча. Сначала их не перенесли в качестве перестраховки, однако из-за длительного использования в более поздних версиях теперь их можно считать безопасными.

- Предотвращение попытки перестройки индексов временных таблиц, индексов в vacuumdb и при параллельной перестройке индексов с помощью reindexdb (Вайбхав С, Микаэль Пакье, Фудзии Масао, Натан Боссарт)

  Перестройка индексов временных таблиц других сеансов невозможна, но проверка на пропуск отсутствовала в некоторых местах кода, что вело к нежелательным сбоям.

- Реализация проверки отношений последовательностей в соответствующих функциях `contrib/pageinspect` и `contrib/pgstattuple` (Натан Боссарт, Аюш Ватса)

  Такая проверка была реализована ранее, но работала некорректно после реализации нестандартных методов доступа для таблиц.

- Исправление некорректного кода, генерируемого LLVM, на платформах ARM64 (Томас Манро, Антонин Боннефой)

  При использовании JIT-компиляции на платформах ARM генерируемый код не поддерживал расстояния перемещения больше 32 бит, из-за чего он мог размещаться неудачно и вызывать сбои сервера в системах с большим объёмом памяти.

- Исправление нескольких случаев, в которых допускалось, что время начала процесса (представленное `time_t`) уместится в значение типа `long` (Макс Джонсон, Натан Боссарт)

  На платформах, где тип `long` вмещает 32 бита (особенно на Windows), после 2038 года произойдёт сбой. В основном он проявит себя косметически, но в особенности зависнет команда `pg_ctl start`.

- Предотвращение сбоев «nothing provides perl(PostgreSQL::Test::Utils)» (отсутствует perl(PostgreSQL::Test::Utils)) во время сборки пакетов RPM PostgreSQL (Ной Миш)

- Исправление сборки с Strawberry Perl на Windows (Эндрю Дунстан)

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2024b (Том Лейн)

  В этом выпуске tzdata изменяются старые имена часовых поясов, совместимые с System V, теперь они дублируют соответствующие географические зоны. Например, `PST8PDT` теперь является псевдонимом для `America/Los_Angeles`. Единственное видимое последствие заключается в том, что для временных отметок до введения стандартизированных часовых поясов часовой пояс будет означать среднее солнечное время для заданного места. Например, в `PST8PDT` ввод с типом данных `timestamptz`, такой как `1801-01-01 00:00`, раньше отображался как `1801-01-01 00:00:00-08`, а теперь — как `1801-01-01 00:00:00-07:52:58`.

  Кроме того, выполнены корректировки исторических данных для Мексики, Монголии и Португалии. Часовой пояс `Asia/Choibalsan` теперь является псевдонимом для `Asia/Ulaanbaatar`, а не отдельным часовым поясом, в основном потому что разница между ними, как оказалось, основана на недостоверных данных.

E.7. Выпуск 13.16

Дата выпуска: 2024-08-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.15. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.7.1. Миграция на версию 13.16

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.14, см. также Раздел E.9.

E.7.2. Изменения

- Запрет выполнения несанкционированного кода во время работы pg_dump (Масахико Савада)

  Злоумышленник, способный создавать и удалять невременные объекты, мог внедрить SQL-код, который выполнялся бы параллельным сеансом pg_dump с правами роли, запускавшей pg_dump (которая зачастую является суперпользователем). Атака заключается в замене последовательности или аналогичного объекта представлением или внешней таблицей, которая выполняет вредоносный код. Чтобы её предотвратить, был добавлен новый параметр сервера `restrict_nonsystem_relation_kind`, который может отключить расширение невстроенных представлений и доступ к сторонним таблицам, а также позволяет pg_dump устанавливать такой параметр, если это возможно. Обратите внимание, что атака предотвращается, только если версии pg_dump и сервера, с которого выполняется выгрузка, содержат это исправление.

  Проект PostgreSQL благодарит Ноя Миша за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-7348)

- Устранение ошибки после добавления таблицы в качестве секции, если у этой таблицы ранее были потомки в иерархии наследования (Альваро Эррера)

- Исправление поведения команды `ALTER TABLE DETACH PARTITION` в случаях, связанных с несогласованными ограничениями на основе индексов (Альваро Эррера, Тендер Ван)

  Если у секционированной таблицы был индекс, не связанный с ограничением, но у секции был равнозначный связанный с ограничением индекс, то отсоединение секции работало неправильно, оставляя в ограничении бывшей секции некорректное значение `coninhcount`. Это вызывало проблемы при любых дальнейших действиях с этим ограничением.

- Исправление обработки полиморфных аргументов вывода для процедур (Том Лейн)

  SQL-оператор `CALL` не разрешал правильные типы данных для таких аргументов, что приводило к ошибкам вида «cannot display a value of type anyelement» (значение типа anyelement нельзя вывести) или даже к аварийным сбоям. (При этом оператор `CALL` в PL/pgSQL работал правильно.)

- Исправление поведения стабильных функций, вызываемых из списка аргументов оператора `CALL` (Том Лейн)

  Если оператор `CALL` находился в атомарном контексте (например, есть внешний блок транзакции), таким функциям передавался неправильный снимок, в результате чего они получали устаревшие значения строк, которые уже изменились с момента начала внешней транзакции.

- Обнаружение целочисленного переполнения в вычислениях `money` (Джозеф Кошаков)

  Никакие арифметические функции для типа `money` ранее не имели соответствующих проверок, поэтому при переполнении просто выдавали неверные результаты.

- Исправлено чрезмерно агрессивное ограничение аргумента масштаба в функциях `round(numeric)` и `trunc(numeric)` (Дин Рашид)

  Эти функции ограничивали свой масштаб аргумента до +/-2000, но есть допустимые сценарии использования для больших значений: в таких случаях функции возвращали неверные результаты. Теперь предел диапазона ограничен только типом `numeric`.

- Предотвращение сбоя функции `pg_sequence_last_value()` при использовании для нежурналируемых последовательностей на резервных серверах и во временных последовательностях других сеансов (Натан Боссарт)

  Теперь вместо вывода ошибки в таких случаях возвращается NULL.

- Исправление разбора игнорируемых операторов в функции `websearch_to_tsquery()` (Том Лейн)

Согласно руководству, пунктуация во входных данных функции `websearch_to_tsquery()` игнорируется, за исключением тире и кавычек в некоторых особых случаях. Однако скобки и некоторые другие символы, появляющиеся непосредственно перед `or`, могли приводить к тому, что `or` рассматривался как обычное слово в данных, а не как оператор `OR`.

- Обнаружение нового случая целочисленного переполнения при вычислении новых размерностей массива (Джозеф Кошаков)

  Применение размерностей `[-2147483648:2147483647]` к пустому массиву отклоняется. Эта проблема тесно связана с CVE-2023-5869, но не является критичной, поскольку массив всё равно оказывается пустым.

- Обнаружение ещё одного случая устаревания новой записи в кеше каталога при распаковке (detoasting) полей (Ной Миш)

  Изменение на месте, происходящее при расширении отделённых полей в кортеже каталога, могло быть пропущено, что приводило к записи в кеше каталога, в которой отсутствует изменение на месте, но которая не является устаревшей. Это было возможно только в каталоге `pg_database`, но могло вызывать неправильное поведение.

- Исправление проверки изменчивости столбцов представления для выражений `INSERT ... DEFAULT` (Том Лейн)

  Если такой столбец является неизменяемым, должно было бы выдаваться сообщение об ошибке. Но проверка пропускалась, и затем в более позднем месте кода выдавалась бесполезная ошибка, например «attribute number *N* not found in view targetlist» (атрибут номер *N* не найден в списке целей представления).

- Устранение вывода бесполезного сообщения о внутренней ошибке для некорректных рекурсивных запросов (Том Лейн)

  Порядок проверок ошибок был изменён так, чтобы ошибка выдавалась в точке, когда запрос `WITH RECURSIVE` не ссылается на себя во второй ветви `UNION`, но имеет одну ссылку на себя в каком-то другом месте, например в `ORDER BY`.

- Предотвращение ошибок, если поставленный в очередь триггер `AFTER` больше не существует (Том Лейн)

  Транзакция могла выполнять операцию, которая ставит в очередь отложенный триггер `AFTER` для последующего выполнения, а затем удалять триггер до его срабатывания. Раньше это приводило к странным ошибкам, таким как «could not find trigger *NNNN*» (не удалось найти триггер *NNNN*). Если триггер не существует в момент, когда он должен был сработать, логичнее, чтобы ничего не происходило, а не выдавалась ошибка.

- Устранение ошибки, из-за которой не удалялись записи `pg_init_privs` для прав на уровне столбцов при удалении их таблицы (Том Лейн)

  Если расширение предоставляло определённые права на уровне столбцов для таблицы, которую оно создало, после удаления расширения оставались соответствующие записи каталога. Это было безвредно до тех пор, пока/если OID таблицы не переиспользовался для другого отношения и не вмешивался в результат работы pg_dump для этого отношения.

- Исправление выбора решающего индекса для `ON CONFLICT`, когда у нужного индекса есть выражения или предикаты (Том Лейн)

  Если запрос с `ON CONFLICT` обращался к целевой таблице через изменяемое представление, он мог завершиться ошибкой «there is no unique or exclusion constraint matching the ON CONFLICT specification» (нет уникального ограничения или ограничения-исключения, соответствующего указанию ON CONFLICT), даже если соответствующий индекс существует.

- Отклонение изменений временной таблицы другого сеанса с помощью `ALTER TABLE` (Том Лейн)

Проверки разрешений обычно предотвращали возникновение таких случаев, но их можно было вызвать, изменив родительскую таблицу, дочерняя таблица которой является временной таблицей другого сеанса. Теперь, если обнаружено, что такая дочерняя таблица принадлежит другому сеансу, выдаётся ошибка.

- Устранение ошибки пересчёта подзапросов, сгенерированных агрегатными функциями `MIN()` или `MAX()` (Том Лейн)

  В некоторых случаях результат агрегированной функции, вычисленный в одной строке внешнего запроса, мог быть повторно использован для последующих строк в неподходящих для этого сценариях. Это поведение обнаружилось при использовании во внешнем запросе предложения `DISTINCT`, реализованного с помощью агрегации по хешу, но могут существовать и другие случаи.

- Предотвращение сбоев в случаях, когда встроенная JIT-компилятором функция вызывает ошибку (Том Лейн)

  Состояние ошибки могло включать указатели на динамически загруженный модуль, содержащий скомпилированный в JIT код (для строк расположения ошибок). В некоторых местах кода модуль мог выгружаться до обработки отчёта об ошибке, что приводило к SIGSEGV при обращении к строкам расположения.

- Адаптация под изменения в поведении libxml2 версии 2.13.x (Эрик Винхольд, Том Лейн)

  В частности, теперь ошибки «chunk is not well balanced» (порция плохо сбалансирована) из libxml2 подавляются, только если это не единственная вызванная ошибка. Цель этого исправления — сделать сообщения об ошибках согласованными между 2.13.x и более ранними версиями libxml2. В более ранних версиях это сообщение почти всегда было избыточным или совершенно неверным, поэтому в версии 2.13.x существенно уменьшено количество случаев, в которых оно выводится.

- Исправление обработки подтранзакций подготовленных транзакций при запуске сервера горячего резерва (Хейкки Линнакангас)

  При запуске воспроизведения резервным сервером записи WAL контрольной точки типа shutdown, транзакции, которые были подготовлены, но ещё не зафиксированы на ведущем сервере, правильно распознаются как выполняющиеся. Но подтранзакции подготовленной транзакции (созданные точками сохранения или блоками исключений PL/pgSQL) не учитывались и считались прерванными. Это приводило к несогласованности, если подготовленная транзакция затем фиксировалась.

- Предотвращение неправильной инициализации слотов логической репликации (Масахико Савада)

  В некоторых случаях начальная точка слота репликации в потоке WAL могла устанавливаться на точку внутри транзакции, что приводило к сбоям проверочных утверждений или неверным результатам декодирования.

- Предотвращение утечки памяти после обслуживания прерывания notify или sinval (Том Лейн)

  Функции обработки для этих событий могли переключать текущий контекст памяти на TopMemoryContext, что приводило к утечке любых данных в рамках сеанса, которые были выделены до замены некорректного параметра. Были обнаружены утечки, связанные с (по крайней мере) преобразованием кодировки входящих запросов и параметров, прикреплённых к сообщениям Bind.

- Предотвращение возможной потери событий конца ввода для сокетов Windows (Томас Манро)

  Windows сообщал о событии FD_CLOSE только один раз после отключения удалённого конца соединения. Можно было пропустить этот отчёт и ждать бесконечно или, по крайней мере, пока не истечёт тайм-аут ожидания новых входных данных.

- Устранение выхода за границу буфера в отчётах об ошибках разбора JSON для неполных байтовых последовательностей (Джейкоб Чемпион)

  Ранее был возможен выход за пределы входного буфера на несколько байт, когда последние байты содержали неполный многобайтный символ. Обычно это не вызывало проблем, но потенциально могло вызывать сбои.

- Запрет OpenSSL на создание сеансовых билетов TLS с сохранением состояния (Даниэль Густафссон)

  Это исправление позволяет избежать возможных сбоев у клиентов, для которых получение сеансового билета означало, что поддерживается возобновление сеанса TLS.

- Добавление проверки, что «простые выражения» PL/pgSQL остаются простыми при перепланировании (Том Лейн)

  В некоторых довольно искусственных случаях, например при удалении указываемой функции и её пересоздании в качестве агрегатной, могли возникать неожиданные сбои, такие как «unexpected plan node type» (неожиданный тип узла плана).

- Исправление несовместимости с PL/Perl и Perl 5.40 (Эндрю Дунстан)
- Исправление рекурсивных функций PL/Python, возвращающих `RECORD` (Том Лейн)

  При рекурсивном переходе к новому вызову той же функции, передающей другой список определений столбцов (предложение `AS`), происходил сбой, поскольку внутренний вызов перезаписывал информацию внешнего о том, какой тип строки следует возвращать.

- Устранение повреждений словаря `TD` PL/Python во время рекурсивного вызова триггера (Том Лейн)

  Если триггер языка PL/Python приводил к вызову другого триггера, словарь `TD`, созданный для внутреннего триггера, перезаписывал словарь `TD` внешнего.

- Устранение ошибки, из-за которой PL/Tcl сообщал о недопустимом синтаксисе списка в результате функции, возвращающей кортеж (Эрик Винхольд, Том Лейн)

  Такой случай мог приводить к сбою или к выдаче вводящей в заблуждение контекстной информации, которая на самом деле относилась к предыдущей ошибке Tcl.

- Предотвращение небезопасного использования `strerror()` в многопоточной среде в libpq (Питер Эйзентраут)

  Некоторые сообщения об ошибках, выводимые OpenSSL, могли искажаться в многопоточных приложениях.

- Гарантия корректного вывода зависимых записей TOC при использовании `pg_restore` с параметром `-l` (Том Лейн)

  Если параметр `-l` был указан вместе с параметрами выборочного восстановления, такими как `-n` или `-N`, зависимые записи TOC, например комментарии, исключались из списка, даже если должны были быть включены в фактическое восстановление.

- Запрет отправления предложений `FETCH FIRST WITH TIES` на удалённый сервер в `contrib/postgres_fdw` (Япинь Ли)

  Удалённый сервер мог не реализовать это условие или интерпретировать его иначе, чем это делалось локально, поэтому теперь удалённое выполнение отключено.

- Предотвращение конфликтов с заголовками `<regex.h>`, предоставляемыми системой (Томас Манро)

  Это исправление устраняет ошибку компиляции в macOS версии 15 и выше.

- Исправление сбоев проверочных утверждений в `REINDEX CONCURRENTLY`, применяемых к индексу SP-GiST (Том Лейн)

E.8. Выпуск 13.15

Дата выпуска: 2024-05-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.14. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.8.1. Миграция на версию 13.15

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.14, см. также Раздел E.9.

E.8.2. Изменения

- Исправление поведения команды `INSERT` при вставке из нескольких строк `VALUES` в целевой столбец, который является доменом, определённым поверх массива или составного типа (Том Лейн)

  В таких случаях команда либо завершалась ошибкой с сообщением о несовпадающих типах данных, либо вставлялись непредсказуемые приведённые значения, в результате чего могли выдаваться странные результаты.

- Исправление некорректного отсечения секции NULL в случаях, когда таблица секционирована по логическому столбцу и запрос содержит логическое предложение `IS NOT` (Дэвид Роули)

  Значение NULL удовлетворяло предложению вида `*boolcol* IS NOT FALSE`, поэтому отсечение секции, содержащей значения NULL, приводило к некорректным результатам.

- Обеспечение перемещения всех последовательностей, принадлежащих таблице, в новую схему при использовании команды `ALTER FOREIGN TABLE SET SCHEMA` (Том Лейн)

  Перемещение обычной таблицы в новую схему приводит к тому, что все последовательности, принадлежащие таблице, также перемещаются в эту схему (вместе с индексами и ограничениями). Раньше последовательности сторонних таблиц не перемещались.

- Исправление подсчёта страниц в куче командой `EXPLAIN` при сканировании кучи по битовой карте (Мелани Плейгман)

  Ранее не учитывались страницы кучи, не содержащие видимых кортежей, но более логично подсчитывать все страницы, возвращаемые при сканировании индекса по битовой карте.

- Предотвращение взаимоблокировок при удалении потерянных временных таблиц (Михаил Жилин)

  Если сеанс, создающий временную таблицу, завершается сбоем без удаления таблицы, процесс автоочистки рано или поздно попытается удалить потерянную таблицу. Однако входящий сеанс, которому назначено то же временное пространство имён, тоже сделает это. Раньше такие одновременные попытки очистки могли приводить к взаимоблокировкам, если временная таблица имела зависимость (например, принадлежащую ей последовательность).

- Устранение условий гонки при проверке значений замороженных XID для каждого отношения (Ной Миш)

  Вычисление значений замороженных XID для каждой базы данных на основе значений каждого отношения при выполнении команды `VACUUM` могло сбиваться из-за параллельного изменения этих значений другой командой `VACUUM`.

- Запрет преобразования таблицы в представление во внешней команде SQL, использующей эту таблицу (Том Лейн)

  Это позволяет избегать сбоев.

- Обеспечение применения условий соединения, сгенерированных на основе классов эквивалентности, на правильном уровне плана (Том Лейн)

  В версиях до PostgreSQL 16 сгенерированные условия могли оцениваться ниже внешних соединений, что приводило к неверным результатам запроса, поскольку они должны оцениваться выше (после) внешних соединений. Это касалось всех версий в случаях соединений с конструкциями `UNION ALL`, когда в столбце соединения в результате некоторых подзапросов `SELECT` возвращались константы.

- Предотвращение ненужного использования режима движущегося агрегата для окна с неподвижным началом рамки (Валлимахараджан Джи)

  В случаях, когда в качестве оконной функции использовался простой агрегат, а начало рамки окна указывалось как `UNBOUNDED PRECEDING`, рамка не могла перемещаться, поэтому не следовало использовать специальный (и более дорогой) режим движущегося агрегата. Данная оптимизация изначально должна была работать, но из-за ошибки в коде никогда не применялась.

- Предотвращение использования ранее освобождённых данных при планировании соединений на уровне секций GEQO-оптимизатором (Том Лейн)

  Такие случаи обычно приводили к сбою или неожиданному сообщению об ошибке.

- Исправление некорректного отображения кодов для видов статистики в сообщениях об ошибках «requested statistics kind *X* is not yet built» (запрошенный вид статистики X ещё не создан) (Дэвид Роули)

- Более аккуратная обработка функций, возвращающих `RECORD`, в предложениях `FROM` (Том Лейн)

  Выходные столбцы такого вызова функции должны определяться предложением `AS`, которое указывает имена столбцов и типы данных. Если фактическое выходное значение функции не соответствует этому указанию, предполагается, что во время выполнения должна выдаваться ошибка. Однако в некоторых местах кода фактическое значение могло проверяться преждевременно, и если оно не соответствовало, могли возникать странные ошибки или сбои проверочных утверждений.

- Устранение путаницы в отношении типа возвращаемой строки процедур на языке SQL (Том Лейн)

  Процедура, реализованная на языке SQL, которая возвращает один столбец составного типа, могла вызывать сбой проверочного утверждения или аварийный сбой.

- Добавление защитных проверок глубины стека в некоторых рекурсивных функциях (Егор Чиндяскин)

- Обнаружение целочисленного переполнения при добавлении или вычитании значений типа `interval` из значений типа `timestamp` (Джозеф Кошаков)

  В некоторых случаях, которые должны вызывать ошибку выхода за пределы допустимого диапазона, вместо этого выдавался неверный результат.

- Устранение условий гонки в функции `pg_get_expr()` (Том Лейн)

  Функция должна была возвращать NULL, если параллельно удалялось отношение, на которое ссылался аргумент, но иногда вместо этого выдавалась ошибка.

- Устранение ошибки в обнаружении старых идентификаторов транзакций в функциях, касающихся статуса XID (Карина Лицкевич)

  Ранее идентификаторы транзакций больше 2^{31} могли быть ошибочно идентифицированы как последние, что приводило к неправильному поведению функций `pg_xact_status()` или `txid_status()`.

- Исправление утечки файлового дескриптора при возникновении ошибки во время ожидания в функции `WaitEventSetWait` (Эцуро Фудзита)
- Вызов ошибки при обращении к индексу во время его перестроения (Том Лейн)

  Раньше при перестроении вызывалось проверочное утверждение, а теперь — обычная ошибка времени выполнения, т. е. при попытке перестроить индекс с некорректным обращением к той же таблице, пользователи сразу увидят более точное сообщение об ошибке.
- Обеспечение вывода полностью дополненного значения при сканировании только индекса столбцов `name` (Дэвид Роули)

  Ранее возвращался указатель на это значение, поскольку физически хранящееся в индексе значение усекается. Это вызывало ошибки при тестировании с использованием valgrind. Теоретически это могло приводить к сбоям, но сообщений о них не поступало.
- Исправление сбоя при выделении памяти объёмом более 4ГБ в DSM (Хейкки Линнакангас)
- Прерывание подключения, если при создании нового сеанса сокет клиента не может быть переведён в неблокирующий режим (Хейкки Линнакангас)

  Раньше теоретически было возможно работать с сокетом, находящимся в блокирующем режиме, но полноценная поддержка такой возможности долгое время отсутствовала, поэтому теперь ошибка выдаётся сразу при установке подключения, а не уже при появлении некорректного поведения.
- Устранение некорректных сообщений об ошибках с OpenSSL 3.0.0 и более поздних версий (Хейкки Линнакангас, Том Лейн)

  Ошибки, о которых сообщала система через OpenSSL, выводились в виде числового кода ошибки, а не в читаемом виде.
- Предотвращение параллельных вызовов функций `bindtextdomain()` в libpq и ecpglib (Том Лейн)

  Хотя в реализации gettext для GNU параллельные вызовы обрабатываются корректно, в доступной для Windows версии могли возникать сбои.
- Устранение сбоя в препроцессоре ecpg при попытке программы переопределить макрос, который был определён в командной строке препроцессора (Том Лейн)
- Предотвращение выдачи ложных предупреждений «unsupported feature will be passed to server» (неподдерживаемая функция будет передана на сервер) в ecpg (Том Лейн)
- Корректное завершение строк в результатах функции `intoasc()` в ecpg нулевым символом (Олег Целебровский)
- Исправление в pg_dumpall, чтобы комментарии ролей при их наличии выгружались независимо от параметра `--no-role-passwords` (Даниэль Густафссон, Альваро Эррера)
- Исправление в PL/pgSQL разбора однострочных комментариев (в стиле `--`), следующих за выражениями (Эрик Винхольд, Том Лейн)

  Это упущение приводило к ошибкам разбора, если такой комментарий следовал за выражением `WHEN` в операторе PL/pgSQL `CASE`.
- Устранение выдачи ложных несовпадений коротких и длинных значений заголовков в `contrib/amcheck` (Андрей Бородин, Михаил Жилин)

  Данные переменной длины в кортеже кучи или индексном кортеже могут иметь короткий или длинный заголовок, в зависимости от параметров сжатия, которые применялись при их создании. Эти значения теперь считаются эквивалентными, и сообщение о несовпадении не выводится.
- Исключение запросов на сортировку по константе в `contrib/postgres_fdw` (Дэвид Роули)

Это могло происходить в случаях выполнения `UNION ALL` с подзапросами, выдающими константу. Сортировка по константе не только бесполезна, но также могла неверно обрабатываться удалённым сервером, что приводило к ошибкам «ORDER BY position *N* is not in select list» (в списке выборки ORDER BY нет позиции N).

- Установка часового пояса `GMT`, а не `UTC` для удалённого сеанса в `contrib/postgres_fdw` (Том Лейн)

  На практике результат не поменяется. Однако `GMT` распознаётся жёстко заданным кодом на сервере, а `UTC` ищется в базе данных часовых поясов. Таким образом, в прежней реализации мог происходить сбой в редких случаях, если в базе данных часовых поясов удалённого сервера не хватало записей.

- Исключение использования в `contrib/xml2` библиотечных функций, которые признаны устаревшими в последних версиях libxml2 (Дмитрий Коваль)
- Устранение несовместимости с LLVM 18 (Томас Манро, Дмитрий Долгов)
- Возможность `make check` работать с библиотекой C musl (Томас Манро, Брюс Момджян, Том Лейн)

E.9. Выпуск 13.14

Дата выпуска: 2024-02-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.13. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.9.1. Миграция на версию 13.14

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако была исправлена одна ошибка, потенциально приводившая к повреждению индексов GIN при одновременных изменениях. После установки этого обновления рекомендуется перестроить возможно повреждённые индексы.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.13, см. также Раздел E.10.

E.9.2. Изменения

- Усиление ограничений безопасности команды `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY` (Хейкки Линнакангас)

  Один из шагов команды параллельного обновления выполнялся со слабыми ограничениями безопасности. Если владелец материализованного представления убеждал суперпользователя или другого пользователя с расширенными правами выполнить параллельное обновление этого представления, владелец представления мог контролировать код, выполняемый с правами пользователя, который запускал команду `REFRESH`. Уязвимость устранена, теперь весь пользовательский код запускается от имени владельца представления, как и предполагается.

  Поскольку единственный известный способ использования уязвимости не работает в PostgreSQL 16.0 и более поздних версиях, предполагается, что на практике версия 16 не подвержена ей.

  Проект PostgreSQL благодарит Педро Гальегоса за сообщение об этой проблеме. (CVE-2024-0985)

- Устранение утечки памяти при выполнении встраивания JIT (Андрес Фройнд, Даниэль Густафссон)

  Неоднократно сообщалось о том, что серверные процессы страдают от нехватки памяти после достаточно большого количества JIT-компиляций. Данное исправление должно решить эту проблему.

- Устранение необходимости поиска в списке ожидающих процессов при исключении из очереди LWLock (Андрес Фройнд)

  Это улучшение исправляет поведение O(N^2) при большом списке ожидания, что в некоторых случаях также приводит к существенному повышению пропускной способности.

- Предотвращение создания некорректных планов соединения секций (Ричард Гуо)

  Некоторые необычные ситуации, связанные с ссылками LATERAL, могли приводить к созданию некорректных планов. При этом могли выдаваться неверные результаты или вызываться странные ошибки, такие как «variable not found in subplan target list» (переменная не найдена в целевом списке подплана), или сбой исполнителя.

- Устранение неправильного обёртывания выходных выражений подзапроса в PlaceHolderVar (Том Лейн)

  Исправление исключает получение неправильных результаты, когда подзапрос находится под внешним объединением и в нём есть выходной столбец, который ссылается в LATERAL на что-то за пределами области внешнего соединения. Из-за действий внешнего соединения выходной столбец мог не отображаться как NULL, когда должен был.

- Предотвращение запроса слишком большого размера разделяемой памяти при параллельном хеш-соединении (Томас Манро, Андрей Лепихов, Александр Коротков)

  Ограничивающее значение было слишком большим, что приводило к возникновению ошибок «invalid DSA memory alloc request size» (недопустимый запрошенный размер разделяемой памяти DSA) при достаточно больших ожидаемых размерах хеш-таблицы.

- Предотвращение сбоев проверочных утверждений в функциях `heap_update()` и `heap_delete()` в случаях, когда кортеж, обновляемый триггером обеспечения целостности внешнего ключа, не проходит дополнительную перекрёстную проверку видимости (Александр Лахин)

  Эта ошибка не влияла на сборки без проверочных утверждений.

- Устранение возможного сбоя при выполнении команды `ALTER TABLE ADD COLUMN` для сложного дерева наследования (Тендер Ван)

  Если дочерняя таблица наследовала новый столбец через несколько промежуточных родителей, команда завершалась ошибкой «tuple already updated by self» (кортеж уже изменился сам).

- Устранение проблем с повторяющимися именами фрагментов в командах `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION... MAPPING` (Тендер Ван, Микаэль Пакье)

- Корректное получение блокировки связанной таблицы при выполнении команды `DROP STATISTICS` (Томаш Вондра)

  Невозможность получить блокировку могла приводить к ошибкам «tuple concurrently deleted» (одновременное удаление кортежей), если команда `DROP` выполнялась одновременно с командой `ANALYZE`.

- Исправление проверки изменчивости функций для выражений `GENERATED` и `DEFAULT` (Том Лейн).

  Вставка выражений аргумента по умолчанию изменчивой функции могла игнорироваться, или полиморфная функция могла восприниматься как изменчивая, хотя на самом деле являлась постоянной для необходимого типа данных. Это могло приводить к неправильному отклонению или принятию предложения `GENERATED` или к ошибочному применению оптимизации постоянного значения по умолчанию в `ALTER TABLE ADD COLUMN`.

- Обнаружение устаревания новой записи в кеше каталога при распаковке полей (Том Лейн)

  Все поля отдельно хранящихся строк расширяются в кортеже каталога перед его вставкой в кеш каталога. Эти действия предполагают доступ к базе данных, который может приводить к аннулированию записей кеша каталога. При этом раньше новая запись не находилась в кеше, из-за чего она не становилась недействительной. В результате появлялись условия гонки, при которых уже устаревшая запись в кеше могла создаваться, а затем сохраняться неопределённо долго. Это приводило к труднопрогнозируемому некорректному поведению. Теперь видимость кортежа перепроверяется после распаковки.

- Устранена ошибка обнаружения целочисленного переполнения в особых случаях на некоторых платформах (Дин Рашид)

  Вычисление `0 - INT64_MIN` должно вызывать ошибку переполнения, что и происходит на большинстве платформ. Однако платформы, не имеющие ни встроенного целочисленного переполнения, ни 128-битных целых чисел, не могли обнаружить переполнение и вместо вызова ошибки вычисляли `INT64_MIN`.

- Обнаружение переполнения юлианской даты при добавлении значений типа `interval` к значениям типа `timestamp` или вычитании первых из вторых (Том Лейн)

  В некоторых случаях, которые должны вызывать ошибку выхода за пределы допустимого диапазона, вместо этого выдавался неверный результат.

- Добавление дополнительных проверок на переполнение в функциях `interval_mul()` и `interval_div()` (Дин Рашид)

  В некоторых случаях, которые должны вызывать ошибку выхода за пределы допустимого диапазона, вместо этого выдавался неверный результат.

- Обеспечение проверки допустимости неприменяемых значений для параметров с контекстом `backend` или `superuser-backend` в представлении `pg_file_settings` (Том Лейн)

  Недопустимые значения не отмечались в представлении должным образом. Это упущение было трудно обнаружить, поскольку в данных группах очень мало параметров.

- Сопоставление правил сортировки при сопоставлении существующего индекса с новым секционированным индексом (Питер Эйзентраут)

  Ранее как соответствующий мог приниматься индекс, правила сортировки которого отличаются от соответствующего элемента ключа секционирования, что могло приводить к неправильному поведению.

- Исправление недостаточной блокировки при неполном разделении части внутренней страницы индекса GIN (Фей Чанхун, Хейкки Линнакангас)

  В коде использовалась общая, а не эксклюзивная блокировка буфера. Это могло приводить к повреждению индекса, если два процесса пытались выполнить очистку одновременно.

- Предотвращение преждевременного освобождения закрепления буфера при вставке индекса GIN (Том Лейн)

  Если разделение корневой страницы индекса происходило одновременно с пользовательской вставкой, выполнение кода могло завершаться ошибкой «buffer NNNN is not owned by resource owner» (буфер NNNN не принадлежит владельцу ресурса).

- Предотвращение сбоев при использовании секционированных индексов SP-GiST (Том Лейн)

  Попытка использовать индекс такого типа могла приводить к ошибкам «No such file or directory» (Нет такого файла или каталога).

- Исправление отчётов об изменении владельца для больших объектов (Том Лейн)

  Ничего не делающая команда `ALTER LARGE OBJECT OWNER` (то есть команда, выбирающая существующего владельца) передавала неправильный идентификатор класса в `PostAlterHook`, что могло вызывать нарушения в работе любого расширения, использующего этот обработчик.

- Предотвращение неправильной обработки «мёртвых» индексных кортежей во время подтранзакций на резервных серверах (Фей Чанхун)

Флаг `startedInRecovery` был неправильно задан для подтранзакций. Это влияло только на обработку «мёртвых» индексных кортежей и могло позволить запросу в подтранзакции игнорировать записи индекса, которые он должен возвращать (если они уже «мертвы» на ведущем сервере, но не «мертвы» для транзакции на резервном), или преждевременно помечать на резервном сервере «мёртвыми» такие записи, которые ещё не являются «мёртвыми» на ведущем. Неясно, приводил ли последний случай к каким-либо серьёзным последствиям, но предполагалось другое поведение.

- Устранение взаимоблокировок между процессом применения изменений логической репликации, процессом tablesync и процессом сеанса, пытающимся изменить подписку (Шлок Кьял)

  На одной из сторон цикла взаимоблокировки не включалось ожидание блокировки, поэтому взаимоблокировка оставалась незамеченной, что требовало ручного вмешательства.

- Возвращение правильного кода состояния, когда новый клиент отключается, не отвечая на запрос пароля сервером (Лю Ланг, Том Лейн)

  В некоторых случаях эта ситуация рассматривалась как регистрируемая ошибка, что не планировалось и приводило к созданию лишних сообщений в журналах, поскольку обычные клиенты, такие как psql, часто отключались. Это также могло нарушать работу расширений, использующих `ClientAuthentication_hook`.

- Исправление несовместимости с OpenSSL 3.2 (Тристан Партин, Бо Андресон)

  Раньше предполагалось, что для частного хранилища можно использовать поле «data», что не вызывало проблем, но в версии 3.2 приводило к сбоям и сообщениям о двойном освобождении. Теперь используется поле BIO «app_data».

- Особое внимание к случаям, когда OpenSSL не устанавливает `errno` при возникновении ошибки (Том Лейн)

  Теперь, если `errno` не установлен, предполагается, что причиной сообщения о сбое является чтение признака конца файла. Это исправление устраняет редкие случаи странных сообщений об ошибках, таких как «could not accept SSL connection: Success» (не удалось принять SSL-соединение: Успех).

- Сообщение об ошибках ENOMEM из системных вызовов, связанных с файлами, в виде `ERRCODE_OUT_OF_MEMORY`, а не `ERRCODE_INTERNAL_ERROR` (Александр Кузьменков)

- Устранение условий гонки при инициализации библиотекой libpq поддержки OpenSSL одновременно в двух разных потоках (Вилли Манн, Микаэль Пакье)

- Устранение сбоя с зависимостью от времени при передаче данных GSSAPI (Том Лейн)

  При использовании шифрования GSSAPI в неблокирующем режиме библиотека libpq иногда выдавала ошибку «GSSAPI caller failed to retransmit all data needing to be retried» (вызывающей стороне GSSAPI не удалось повторно передать все необходимые данные).

- Исключение выгрузки в pg_dump политик RLS или меток безопасности для объектов, являющихся членами расширения (Том Лейн, Джейкоб Чемпион)

  Раньше в выгрузку включались команды для установки этих параметров, что неверно, поскольку их следует рассматривать как внутренние команды расширения. Более того, проводящий восстановление пользователь мог не иметь достаточных прав для их установки, а пользователь, производящий выгрузку, может не иметь достаточных прав для их выгрузки (поскольку для выгрузки политик RLS требуется получение блокировки для их таблицы).

- Исключение выгрузки объекта расширенной статистики в pg_dump, если нижележащая для него таблица не выгружается (Райан Макгуайр, Том Лейн)

  Такое поведение соответствует поведению других зависимых объектов, таких как индексы.

- Устранения сбоя в `contrib/intarray` в случаях, когда массив с элементом, равным `INT_MAX`, вставлялся в индекс `gist__int_ops` (Александр Лахин, Том Лейн)

- Повышение информативности сообщений об ошибках при применении функции hash_bitmap_info() contrib/pageinspect к секционированному хеш-индексу (Александр Лахин, Микаэль Пакье)
- Повышение информативности сообщений об ошибках при применении функции pgstathashindex() contrib/pgstattuple к секционированному хеш-индексу (Александр Лахин)
- Отключение в Windows параметров автозапуска при запуске подпроцессов в pg_ctl и pg_regress (Кётаро Хоригути)

  При запуске дочернего процесса через cmd.exe теперь передаётся флаг /D, чтобы предотвратить выполнение любых команд автозапуска, указанных в реестре. Это позволяет избежать возможных непредвиденных побочных эффектов.
- Устранение ошибок компиляции с libxml2 версии 2.12.0 или новее (Том Лейн)
- Устранение ошибок компиляции кода WAL_DEBUG в Windows (Бхарат Рупиредди)
- Подавление предупреждений компилятора о конструкциях в заголовочных файлах Python (Питер Эйзентраут, Том Лейн)

  При использовании предпочтительных параметров компилятора выдаются предупреждения о конструкциях, появляющихся в последних версиях заголовочных файлов Python. При использовании gcc эти предупреждения можно подавить с помощью указаний pragma.
- Исключение предупреждений об устаревании при компиляции с использованием LLVM 18 (Томас Манро)
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2024a, включающее изменение правил перехода на летнее время в Гренландии, Казахстане и Палестине, исправления для антарктических станций Кейси и «Восток», а также корректировку исторических данных для Вьетнама, Торонто и Микелона.

E.10. Выпуск 13.13

Дата выпуска: 2023-11-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.12. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.10.1. Миграция на версию 13.13

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако было обнаружено несколько ошибок, потенциально приводивших к тому, что поиск по некоторым типам индексов выдавал неверные результаты поиска. После установки этого обновления рекомендуется перестроить возможно повреждённые индексы. Подробнее данные изменения описаны в пунктах 4 и 5 ниже.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.12, см. также Раздел E.11.

E.10.2. Изменения

- Исправление обработки аргументов неизвестного типа в агрегатных функциях DISTINCT "any" (Том Лейн).

  Эта ошибка приводила к тому, что значение типа text интерпретировалось как значение типа unknown (то есть строка, завершающаяся нулевым символом), при этом во время выполнения могло раскрываться содержимое памяти сервера после значения text.

  Проект PostgreSQL благодарит Цзинчжоу Фу за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-5868)

- Выявление целочисленного переполнения при вычислении новых размерностей массива (Том Лейн)

  При назначении новых элементов индексам массива, которые находятся за пределами границ текущего массива, в особых случаях могло происходить необнаруживаемое целочисленное переполнение. Потенциально были возможны манипуляции с памятью для выполнения произвольного кода, а также раскрытие содержимого памяти сервера.

  Проект PostgreSQL благодарит Педро Гальегоса за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-5869)

- Запрет для роли `pg_signal_backend` отправлять сигналы обслуживающим процессам и процессам автоочистки (Ной Миш, Йелте Феннема-Нио)

  В документации сказано, что роль `pg_signal_backend` не может отправлять сигналы процессам, принадлежащим суперпользователям. Однако она могла отправлять сигналы обслуживающим процессам, поскольку OID роли у них равен нулю. Теперь такой OID считается указанием принадлежности суперпользователю. Отмена одного из этих типов процессов почти никак не влияет на безопасность с точки зрения основного кода (сразу запускается новый), но обслуживающие процессы расширений могли быть уязвимы.

  Также теперь гарантируется, что в таких процессах корректно задан параметр `is_superuser`. Конкретных примеров влияния этого упущения на безопасность не обнаружено, но для некоторых расширений оно могло оказаться существенным.

  Проект PostgreSQL благодарит Хеманта Сандрану и Махендракара Шринивасарао за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-5870)

- Устранение некорректного поведения при рекурсивном разделении страницы в процессе построения индекса GiST (Хейкки Линнакангас)

  Устранены случаи, когда положение ссылки вниз на странице отслеживалось неправильно, с помощью введения некоторой логики, позволяющей исправлять такие ошибки, а не продолжать работу, игнорируя их. Устранённая проблема могла приводить к неверным результатам при последующих поисках по индексу. После установки данного обновления может оказаться целесообразным перестроить все индексы GiST.

- Предотвращение дублирования записей индекса-B-дерева для столбцов типа `interval` (Ной Миш)

  Существуют значения `interval`, которые различаются, но считаются равными при сравнении, например `24:00:00` и `1 day`, что нарушало работу предположений при исключении дубликатов в индексах-B-деревьях, поэтому столбцы типа `interval` необходимо убрать из такого исключения. Это упущение могло приводить к неправильным результатам сканирования только индекса. Более того, после обновления модуль amcheck сообщает об ошибке почти для всех таких индексов. Пользователям следует перестроить любые индексы-B-деревья для столбцов `interval`.

- Исправление поэтапного создания секций и отсечения секций во время выполнения для таблиц, секционированных по хешу с несколькими ключами секционирования (Дэвид Роули)

  В некоторых случаях, связанных с условием `IS NULL` для одного из ключей секционирования, мог происходить сбой.

- Исправление позиции индекса-B-дерева для предложений ScalarArrayOpExpr в особых случаях при обработке пометки/восстановления (Питер Гейган)

  При восстановлении сканирования индекса с ранее помеченной позицией в коде могли пропускаться необходимые шаги настройки, если сканирование продвинулось точно до конца совпадений для предложения ScalarArrayOpExpr (то есть `indexcol = ANY(ARRAY[])`). Это могло приводить к потере некоторых строк, которые должны были быть включены в выборку при сканировании.

- Устранение утечки памяти внутри запроса, когда функция, возвращающая множество, неоднократно не возвращала ни одной строки (Том Лейн)
- Устранение сбоя при применении функции `cursor_to_xmlschema()` к порталу, не возвращающему данные (Боюй Ян)
- Вывод корректного сообщения об ошибке, если `pgrowlocks()` применяется к секционированной таблице (Дэвид Роули)

  Ранее выводилось неточное сообщение об ошибке «only heap AM is supported» (поддерживается только AM в куче).
- Более корректная обработка нерабочих индексов специальными SQL-функциями (Ной Миш)

  Если одна из функций `pgstatindex()`, `pgstatginindex()`, `pgstatashindex()` или `pgstattuple()` применяется к нерабочему индексу, в журнал теперь выводится сообщение об ошибке. Если одна из функций `brin_desummarize_range()`, `brin_summarize_new_values()`, `brin_summarize_range()` или `gin_clean_pending_list()` применяется к нерабочему индексу, сообщение вносится в журнал в зависимости от уровня отладки. Раньше эти функции пытались обработать индекс и демонстрировали странное поведение в зависимости от результатов невыполненной команды `CREATE INDEX`.
- Предотвращение сбоя из-за преждевременного выделения памяти при длинных входных данных в функции `to_tsvector()` (Том Лейн)
- Исключение выделения лишнего пространства на диске для созданного `tsvector` в функции `tsvectorrecv()` (Денис Ерохин)

  Если входящий вектор включает данные о местоположении, в результате выполнения двоичной функции приёма использовалось лишнее пространство (примерно равное размеру данных о положении) в готовом `tsvector`. В особых случаях это могло приводить к сбою из-за ошибки «maximum total lexeme length exceeded» (превышена максимальная общая длина лексемы) для векторов, длина которых на момент создания была ниже ограничения. В любом случае это могло приводить к потере места на диске.
- Исправление некорректного кода в функции `gtsvector_picksplit()` (Александр Лахин)

  Ранее могли приниматься некорректные решения о разделении страниц в индексах GiST по столбцам `tsvector`.
- Улучшение проверки на наличие повреждений данных, сжатых методом PGLZ (Флавьен Гедес)
- Исправление работы команд `COMMIT AND CHAIN`/`ROLLBACK AND CHAIN` при наличии неосвобождённой точки сохранения (Лю Сян, Том Лейн)

  Вместо свойств текущей транзакции ранее эти команды распространяли на новую транзакцию некоторые свойства предыдущей транзакции.
- Предотвращение сбоя команды `EXPLAIN` в случаях, если параметр, помеченный как отображаемый в `EXPLAIN`, имеет значение NULL при старте системы (Син Го, Александр Алексеев, Том Лейн)

  Ни один встроенный параметр не соответствует этому описанию, но такие параметры могут определяться в расширениях.
- Обеспечение существования снимка при удалении временных таблиц условием `ON COMMIT DROP` (Том Лейн)

  Это исправление предотвращает возможное неправильное поведение в случаях, когда какие-либо записи каталога для временных таблиц имеют достаточно длинные поля, требующие применения TOAST (например, очень сложное условие `CHECK`).
- Предотвращение неправильной реакции дочерних процессов, только что созданных функцией `system()`, на сигналы завершения работы (Натан Боссарт)

Это исправление позволяет избежать условий гонки, при которых дочерний процесс, выделенный функцией `system()`, но ещё не выполнивший намеченную дочернюю программу, может получить сигнал, предназначенный для процесса родительского сервера и завершить работу. Получение такого сигнала приводило к выполнению дублирующихся действий по очистке.

- Устранение разрывов чтения `pg_control` в клиентских программах (Томас Манро)

  В некоторых файловых системах чтение `pg_control` может не быть атомарным действием при одновременной записи этого файла сервером. Этот случай можно обнаружить по неверной контрольной сумме (CRC). Теперь попытка чтения повторяется несколько раз, чтобы проверить, станет ли файл допустимым, прежде чем выводится сообщение об ошибке.

- Предотвращение разрывов чтения `pg_control` в соответствующих SQL-функциях (Томас Манро)

  Перед чтением `pg_control` получается соответствующая блокировка для обеспечения согласованного представления этого файла.

- Предотвращение целочисленного переполнения при вычислении размера массива строк активности обслуживающего процесса (Якуб Вартак)

  На 64-разрядных машинах допускаются достаточно большие значения `track_activity_query_size`, чтобы вызвать 32-разрядное переполнение при умножении на разрешённое количество соединений. Однако в коде, фактически выделяющем локальный массив для каждого обслуживающего процесса, были упущения, и массив выделялся неправильно.

- Исправление кратковременного отображения противоречивой статистики выполнения команды `ANALYZE` для унаследованных таблиц (Хейкки Линнакангас)

  Счётчикам на уровне блоков должно присваиваться нулевое значение одновременно с изменением поля текущего отношения.

- Отслеживание зависимостей кешированных операторов `CALL` и их перепланирование, если оно необходимо (Том Лейн)

  Команды DDL, такие как замена функции, встроенной в аргумент `CALL`, могут вызвать необходимость перепланирования `CALL`, кешированного PL/pgSQL. Ранее перепланирование не выполнялось, что приводило к неправильному поведению или странным ошибкам, таким как «cache lookup failed» (не удалось выполнить поиск в кеше).

- Правильное отслеживание глубины вложенности при проверке переменных типа `RECORD` на внешних уровнях запроса (Ричард Гуо)

  Неправильное отслеживание могло приводить к сбоям проверочных утверждений, аварийным сбоям или ошибкам «bogus varno» (неприемлемое значение varno).

- Предотвращение ошибки «record type has not been registered»(тип записи не зарегистрирован) при пересборке представления, содержащего ссылки на поля составных констант (Том Лейн)

- Исправление некорректной обработки ошибок в управлении кешем типа `RECORD` (Томас Манро)

  Ошибка нехватки памяти, возникающая в неподходящее время, могла оставлять после себя несогласованное состояние, приводившее к зацикливанию.

- Устранение сбоя проверочного утверждения при повторной попытке логического декодирования в том же сеансе после ошибки (Хоу Чжицзе)

- Обработка ошибок, связанных с нехваткой памяти при чтении WAL, как критических (Микаэль Пакье)

Раньше они рассматривались как ошибки о неприемлемых данных, в результате чего делался вывод о достижении конца WAL, что было некорректно и могло приводить к несогласованному воспроизведению WAL.

- Исправление возможного сбоя восстановления из-за попытки выделить память на основе неприемлемой длины записи WAL (Томас Манро, Микаэль Пакье)
- Обеспечение сообщения об ошибке при обнаружении недопустимого заголовка страницы в случае восстановления WAL в режиме ожидания (Юго Нагата, Кётаро Хоригути)
- Исправление путаницы в размерах типов данных при управлении логическими лентами (Ранье Вилела)

  Целочисленное переполнение было возможно на платформах, где значение long больше int, хотя проблему мог вызвать только временный файл размером в несколько терабайт.
- Предотвращение непредусмотренного закрытия stdin процесса syslogger (Хейкки Линнакангас)
- Предотвращение перепроверки кеша плана для служебных операторов, которые не требуют сложного разбора (Том Лейн)

  Помимо экономии нескольких циклов, это улучшение предотвращает сбой после аннулирования кеша для операторов, которые не должны создавать снимок, таких как `SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL`.
- Сохранение передаваемых по ссылке значений `attmissingval` в долгосрочном контексте на время их использования (Эндрю Дунстан)

  Это улучшение позволяет избежать возможного использования недействительных указателей, когда слот кортежа существует дольше дескриптора кортежа, с помощью которого было построено его значение.
- Перерасчёт эффективного значения `search_path` после `ALTER ROLE` (Джефф Дэвис)

  Это улучшение гарантирует, что после переименования роли значение специальной строки `$user` будет переопределено.
- Исправление порядка операций в `GenericXLogFinish` (Джефф Девис)

  В коде были нарушены условия, необходимые для обеспечения безопасности данных при сбое, поскольку запись в WAL происходила перед тем, как изменённые буферы помечались как «грязные». В коде ядра эта функция не используется, но её используют расширения (например, `contrib/bloom`).
- Удаление неверного проверочного утверждения при обработке исключений PL/Python (Александр Лахин)
- Исправление поведения утилиты pg_restore для включения в выборочное восстановление начальных прав доступа как на уровне таблицы, так и на уровне столбца для выбранных таблиц (Эйлер Тавейра, Том Лейн)

  Ранее при наличии прав обоих уровней восстанавливались только права на уровне таблицы.
- Добавление в программу pg_upgrade логики для проверки использования типов данных `abstime`, `reltime` и `tinterval` (Álvaro Herrera)

  Эти устаревшие типы данных были удалены в PostgreSQL версии 12, поэтому добавлена проверка, чтобы убедиться в их отсутствии в старой базе данных перед выполнением её обновления.
- Предотвращение создания недопустимых имён временных слотов в pg_basebackup (Йелте Феннема)

Проблема наблюдалась только при соединении с сервером через pgbouncer.

- Предотвращение ложных ошибок «too many client connections» (слишком много клиентских подключений) при использовании программы pgbench в Windows (Ной Миш)

- Исключение сообщений о повреждении данных при прерванном удалении страницы в `contrib/amcheck` (Ной Миш)

  Это исправление предотвращает выдачу несоответствующих сообщений об ошибках «the first child of leftmost target page is not leftmost of its level» (первый дочерний элемент крайней левой целевой страницы не является крайним левым на её уровне), «block NNNN is not leftmost» (блок NNNN не является крайним левым) или «left link/right link pair in index XXXX not in agreement» (пара левая ссылка/правая ссылка в индексе XXXX не согласуется). Эти сообщения появлялись, если модуль amcheck запускался после незавершённого удаления страницы индекса-B-дерева и до выполнения очистки `VACUUM`.

- Исправление ошибки в индексах `contrib/btree_gin` по столбцам `interval`, проявлявшейся при сканировании индекса с использованием оператора `<` или `<=` (Дин Рашид)

  Ранее при таком сканировании выдавались не все элементы, которые должны были.

- Добавление поддержки LLVM версий 16 и 17 (Томас Манро, Дмитрий Долгов)

- Подавление различных предупреждений во время сборки в последней версии macOS (Том Лейн)

  В среде Xcode 15 (выпущенной вместе с macOS Sonoma) изменилось поведение компоновщика таким образом, что при сборке PostgreSQL появляется множество предупреждений о дублирующихся библиотеках. Они безвредны, но раздражают, поэтому повторное упоминание библиотек было удалено. Также исключено использование флага компоновщика `-multiply_defined suppress`, который долгое время не использовался и стал причиной множества жалоб пользователей.

- Возврат к использованию `python` при сборке файла правил `contrib/unaccent`, если не был указан параметр `--with-python` и не была задана переменная `make PYTHON` (Япинь Ли)

- Удаление `PHOT` (время на островах Феникс) из списка аббревиатур часовых поясов по умолчанию (Том Лейн)

  Присутствие этой аббревиатуры в списке по умолчанию могло приводить к ошибкам в последних выпусках Debian и Ubuntu, поскольку в них больше не устанавливается базовая запись tzdb по умолчанию. Поскольку это аббревиатура для зоны с общим населением около двух десятков человек, от неё вполне можно отказаться. При необходимости её можно указать в пользовательском файле аббревиатур.

E.11. Выпуск 13.12

Дата выпуска: 2023-08-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.11. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.11.1. Миграция на версию 13.12

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете индексы BRIN, может быть целесообразно их перестроить; прочитайте вторую запись в списке изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.7, см. также Раздел E.16.

E.11.2. Изменения

- Запрет замены имени схемы или владельца в скрипте расширения, если имя содержит кавычку, обратную косую черту или знак доллара (Ной Миш)

  Данное ограничение защищает от атак методом SQL-инъекций через доверенные расширения.

  Проект PostgreSQL благодарит Мику Гейтса, Валери Вулард, Тима Кэри-Смита и Кристофа Берга за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-39417)

- Устранение путаницы в индексах BRIN между пустыми (без строк) зонами и зонами, заполненными NULL; исправление неправильного слияния сводок по зонам, заполненным NULL (Томаш Вондра)

  Каждое из этих упущений могло приводить к потере информации о том, что зона индекса BRIN содержала какие-либо значения NULL, так что последующие запросы, которые должны были возвращать NULL, не делали этого.

  Это исправление само по себе не корректирует ошибочные записи BRIN. Рекомендуется выполнить `REINDEX` для всех индексов BRIN, которые могут использоваться для поиска NULL.

- Предотвращение ситуации, когда после прерывания команды `DROP DATABASE` база данных остаётся повреждённой, но доступной (Андрес Фройнд)

  Если команда `DROP DATABASE` прерывалась после того, как начала выполнять необратимые действия, целевая база данных оставалась доступной (поскольку происходил откат удаления её строки `pg_database`), но её содержимое повреждалось. Исправление такого поведения заключается в том, что база данных помечается как недоступная до начала выполнения необратимых операций. Последующий сбой данной команды оставит базу данных частично доступной, но единственно возможное действие для неё — выполнить ещё одну команду `DROP DATABASE`.

- Обеспечение правильной пометки секционированных индексов как рабочих или нерабочих при их создании (Микаэль Пакье)

  Если новый секционированный индекс совпадал с существующим, но нерабочим индексом в одной из секций, этот секционированный индекс мог быть преждевременно помечен как рабочий. Это могло приводить к неправильному поведению или сбоям проверочных утверждений в последующих запросах к секционированной таблице.

- Игнорирование нерабочих дочерних индексов при сопоставлении секционированных индексов с дочерними во время выполнения `ALTER TABLE ATTACH PARTITION` (Микаэль Пакье)

  Такие индексы теперь игнорируются, и вместо них создаются новые дочерние индексы.

- Устранение возможной ошибки при пометке секционированного индекса как рабочего после присоединения всех его секций (Микаэль Пакье)

  При обновлении записи индекса в `pg_index` могли использоваться устаревшие данные для других столбцов. Одним из обнаруженных симптомов являлась ошибка «attempted to update invisible tuple» (попытка обновить невидимый кортеж).

- Исправление ошибки в коде, из-за которой команда `ALTER EXTENSION SET SCHEMA` не всегда сообщала об ошибке, если расширение содержало какие-либо объекты за пределами схемы расширения (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас).

  Команда `ALTER EXTENSION SET SCHEMA` должна возвращать ошибку, если расширение содержит объекты в нескольких схемах. Эта проверка была запрограммирована некорректно и в некоторых случаях не срабатывала, что приводило к непредсказуемому поведению.

- Отключение использования частичных уникальных индексов для доказательства уникальности в планировщике (Дэвид Роули)

Использование частичных уникальных индексов могло приводить к созданию неправильных планов, поскольку предполагаемая уникальность строк, прочитанных из таблицы, могла не соблюдаться, если рассматриваемый индекс не использовался для сканирования таблицы.

- Предотвращение создания некорректных планов для сторонних соединений с предложениями соединений, содержащими псевдоконстанты (Эцуро Фудзита)

  В настоящее время в планировщике отсутствует поддержка добавления предложений соединений, содержащих псевдоконстанты, к удалённому выносимому наружу соединению, поэтому данное исправление отключает создание удалённых соединений в таких случаях. (Более подходящее решение потребует кардинальных изменений структур данных планировщика, поэтому оно будет внесено в одной из следующих основных версий.)

- Корректная обработка вложенных операторов SELECT для политик RLS и представлений с барьером безопасности при расширении действий правил (Том Лейн)
- Устранение условий гонки при обнаружении конфликтов для режима изоляции `SERIALIZABLE` (Томас Манро)

  Конфликты могли не обнаруживаться при сканировании кучи по битовой карте, при использовании индексов GIN и при проверке изначально пустого индекса-B-дерева. Все эти случаи могли приводить к сбоям сериализуемости, поскольку некорректно допускалась фиксация конфликтующих транзакций.

- Исправление хеш-соединения с внутренним хеш-ключом, содержащим параметры, которые поступают из внешнего вложенного цикла (Том Лейн)

  При повторном сканировании соединения после изменения значений таких параметров хеш-таблица должна была перестраиваться, но этого не происходило. Это могло приводить к отсутствию выходных строк соединения.

- Устранение периодических сбоев при попытке обновить поле столбца составного типа (Том Лейн)

  Если общее значение столбца составного типа было достаточно велико, чтобы потребовалось отдельное хранение значения TOAST, несвоевременная очистка кеша могла приводить к ошибкам или сбоям сервера.

- Предотвращение утечек памяти на время срока действия запроса в некоторых запросах `UPDATE` с триггерами (Томаш Вондра)
- Предотвращение утечек памяти в течение срока действия запроса при повторном сканировании узла плана инкрементальной сортировки (Джеймс Коулман, Лауренц Альбе, Том Лейн)
- Возможность передачи долей секунды в метод `datetime()` `jsonpath` (Том Лейн)
- Предотвращение сбоев с переполнением стека при использовании очень сложных шаблонов текстового поиска (Том Лейн)
- Добавление возможности использовать фрагменты длиной до 10240 байт в `pg_hba.conf` и `pg_ident.conf` (Том Лейн)

  Предыдущее ограничение в 256 байт оказалось недостаточным в некоторых случаях.

- Исправление неправильной обработки условий нехватки памяти C++ (Хейкки Линнакангас)

  При использовании JIT нехватка памяти при вызове `new` в C++ вызывала критическую ошибку PostgreSQL вместо ожидаемого исключения C++.

- Устранение редкого случая сбоя нулевого указателя в `plancache.c` (Том Лейн)
- Предотвращение потери потенциально полезных сегментов общей памяти, когда освобождение страницы приводит к объединению диапазонов свободного пространства (Дунмин Лю)

  Сегмент перемещается в соответствующую «корзину» с учётом изменившегося объёма, чтобы его можно было найти при последующем поиске.

- Возможность продолжения работы VACUUM после обнаружения определённых типов повреждения индекса-B-дерева (Питер Гейган)

  Если обнаружена недействительная ссылка на страницу того же уровня, сообщение записывается в журнал и работа продолжается, а не завершается ошибкой как раньше. Исправить повреждённый индекс может только выполнение REINDEX, но завершение VACUUM до перестроения индекса могло значительно ухудшить ситуацию.

- Обеспечение снятия блокировки WrapLimitsVacuumLock после обнаружения в процессе очистки недопустимых данных в pg_database.datfrozenxid или pg_database.datminmxid (Андрес Фройнд)

  Невозможность снятия этой блокировки могла позже приводить к взаимоблокировке, несмотря на то, что блокировка снималась при завершении сеанса или возникновении какой-либо другой ошибки.

- Предотвращение двойного воспроизведения подготовленных транзакций во время восстановления после сбоя (suyu.cmj, Микаэль Пакье)

  Если происходил сбой во время выполнения контрольной точки с некоторыми уже записанными на диск данными о состоянии двухфазной транзакции, при восстановлении после сбоя подготовленные транзакции могли воспроизводиться дважды, что приводило к критической ошибке, такой как «lock is already held» (блокировка уже получена) в процессе запуска.

- Исправление возможного сбоя во время повышения ведомого сервера при включённом архивировании и необходимости восстановления двухфазных транзакций (Джулиан Маркворт)

  Если необходимые двухфазные транзакции были записаны в самом последнем (частичном) сегменте журнала, повышение завершалось ошибкой с некорректным сообщением «requested WAL segment has already been removed» (запрошенный сегмент WAL уже удалён).

- Обеспечение выполнения fsync для только что созданной, но пока пустой таблицы в следующей контрольной точке (Хейкки Линнакангас)

  Раньше функция fsync не вызывалась, и при сбое операционной системы пустой файл удалялся, в результате последующие операции с таблицей могли завершаться ошибкой «could not open file» (не удалось открыть файл).

- Обеспечение внесения в журнал записи о создании слоя инициализации нежурналируемого индекса (Хейкки Линнакангас)

  Хотя слой основных данных нежурналируемого индекса не записывается в WAL, слой инициализации индекса должен записываться, чтобы гарантировать согласованное состояние для восстановления индекса после сбоя. Этот шаг пропускался, если слой инициализации не содержал данных, что невозможно при использовании любого стандартного метода доступа к индексу, но возможно при использовании расширений.

- Добавление отсутствующих инициализаций флагов окончания задержки контрольной точки (suyu.cmj)

  Отсутствие инициализаций могло приводить к ненужным задержкам контрольных точек или сбоям проверочных утверждений в сборках с включёнными проверками.

- Исправление слишком строгого проверочного утверждения в коде jsonpath (Дэвид Роули)

  Данное проверочное утверждение не выполнялось, если в запросе применялся оператор .type() к результату like_regex. Проблема присутствовала только в сборках с проверочными утверждениями.

- Предотвращение сбоя проверочного утверждения при обработке пустого оператора через расширенный протокол запросов в уже прерванной транзакции (Том Лейн)

- Исправление обработки пустой строки функцией Soundex difference() в contrib/fuzzystrmatch (Александр Лахин, Том Лейн)

Передача входной строки, не содержащей алфавитных символов, приводила к непредсказуемому результату.

- Уточнение проверок пробельных символов во входных данных для `contrib/hstore` (Эван Джонс)

  В некоторых случаях символы ошибочно распознавались как пробельные и поэтому отбрасывались.

- Запрет слишком больших входных массивов с классом операторов индекса `gist__int_ops` в `contrib/intarray` (Анкит Кумар Пандей, Александр Лахин)

  Раньше выдавалось сообщение `NOTICE`, но работа продолжалась, при этом создавалась неверная запись в индексе, что при чтении индекса могло приводить к сбою.

- Предотвращение бесполезной двойной распаковки записей индекса GiST в `contrib/intarray` (Константин Книжник, Маттиас ван де Меент, Том Лейн)

- Обеспечение актуального состояния `pg_index.indisreplident` в записях кеша отношений (Шрути Говда)

  В некоторых случаях значение данного поля могло быть устаревшим. Код ядра не использует копию кеша отношений, так что эта ошибка не влияет на работу самого Postgres, но могут быть расширения, для которых это исправление актуально.

- Устранение предупреждений при компиляции с использованием OpenSSL 3.0.0 или более поздней версии, о том, что данная версия устарела (Питер Эйзентраут)

E.12. Выпуск 13.11

Дата выпуска: 2023-05-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.10. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.12.1. Миграция на версию 13.11

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.7, см. также Раздел E.16.

E.12.2. Изменения

- Устранение уязвимости команды `CREATE SCHEMA` при внесении изменений в `search_path` (Александр Лахин)

  В команде `CREATE SCHEMA` объекты в текущем `search_path`, а также объекты в новой схеме были видны даже внутри вызываемой функции или скрипта, пытающихся задать безопасный `search_path`. Это потенциально позволяло любому пользователю, имеющему разрешение на создание схемы, перехватить права функции, определяющей контекст безопасности, или скрипта расширения.

  Проект PostgreSQL благодарит Александра Лахина за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-2454)

- Исправление применения политик защиты на уровне строк после встраивания функции, возвращающей множества (Стивен Фрост, Том Лейн)

  Если функция языка SQL, возвращающая множество, обращалась к таблице с политиками защиты на уровне строк и могла быть встроена в вызывающий запрос, эти политики защиты не применялись должным образом в некоторых случаях переиспользования кешированного плана другой ролью. При этом пользователь мог видеть или изменять строки, которые должны были быть невидимыми.

Проект PostgreSQL благодарит Вольфганга Вальтера за сообщение об этой проблеме. (CVE-2023-2455)

- Предотвращение сбоев при выполнении `CREATE SCHEMA` без указания имени новой схемы (Микаэль Пакье)

  В соответствии со стандартом SQL допускается написание `CREATE SCHEMA AUTHORIZATION` *`имя_владельца`*, при этом именем схемы становится *`имя_владельца`*. Однако в некоторых местах кода требовалось наличие имени схемы, что приводило к сбою.

- Исправление включения/отключения «клонированных» триггеров в секционированных таблицах (Том Лейн)

  Команда `ALTER TABLE ... ENABLE/DISABLE TRIGGER USER` пропускала «клонированные» триггеры, ошибочно принимая их за системные. В других вариантах `ENABLE/DISABLE TRIGGER` эти триггеры обрабатывались, но только после ненужной проверки наличия прав суперпользователя.

- Запрет изменения составных типов, хранящихся в индексах (Том Лейн)

  В команде `ALTER TYPE` запрещено использовать несовместимые на двоичном уровне изменения составных типов, хранящихся в каких-либо столбцах таблицы. (Возможно, когда-нибудь это будет разрешено, но пока этого не произошло; последствия блокировок перезаписи множества таблиц пугают.) Ранее не была замечена возможность, что индекс может содержать составной тип, которого нет в таблице этого индекса.

- Запрет использования системных столбцов как элементов внешних ключей (Том Лейн)

  С тех пор, как системный столбец OID был удалён, использование системных столбцов в качестве элементов внешних ключей не предполагается и в разных местах кода не поддерживается. Поэтому теперь такое использование запрещается, чтобы не исправлять поведение для всех случаев.

- Запрет копирования строк дочерних таблиц при выполнении команды `COPY TO` для таблицы с включённой защитой на уровне строк (Антонин Хоуска)

  В документации ясно указано, что `COPY TO` копирует строки только из указанной таблицы, а не её дочерних таблиц. Однако если для таблицы была включена защита на уровне строк, это не работало.

- Предотвращение возможных сбоев при передаче пустого массива функциям `array_position()` и `array_positions()` (Том Лейн)

- Исправление возможного чтения за пределами выборки данных функцией `to_char()` (Том Лейн)

  В особом случае это могло приводить к краху сервера.

- Исправление выхода за границу буфера в функции `translate()` (Даниил Анисимов)

  При использовании возможности удаления функция могла читать из входной строки на один байт больше, чем нужно, что создавало небольшой риск сбоя.

- Исправление объявления курсора для ошибок разбора в строковых константах JSON (Том Лейн)

  В большинстве случаев, когда в строковом литерале внутри значения JSON обнаруживалась синтаксическая ошибка, не удавалось правильно установить курсор ошибки. В результате выдавалось бесполезное сообщение об ошибке (указывающее на фрагмент перед строкой, а не на фактическую проблемную зону), а в версии 14 и выше даже мог происходить сбой.

- Устранение повреждения данных, вызванного превышением значения переменной vacuum_defer_cleanup_age текущего 64-битного XID (Андрес Фройнд)

  В версии 14 и выше при нестандартных значениях vacuum_defer_cleanup_age XID горизонта очистки мог оказаться слишком большим, что приводило к удалению ещё живых строк при очистке. В версиях 12 и 13 эта проблема затрагивала только индексы GiST, что могло приводить к досрочной перезаписи страниц индекса.

- Исправление ошибки анализатора запроса, из-за которой в особых случаях могли не обнаруживаться неправильно вложенные агрегатные функции (Том Лейн)

  В результате данного упущения мог возникать сбой исполнителя при запросах, которые должны были быть отклонены как недопустимые.

- Устранение повреждения структуры данных при разборе параметров SEQUENCE NAME (Дэвид Роули)

  Если событийный триггер перехватывал повреждённое дерево запроса, могли возникать проблемы.

- Корректное обновление характеристик безопасности распараллеливания узлов плана при перемещении инициализирующих планов с одного узла на другой (Том Лейн)

  В результате данного упущения планировщик мог выдавать ошибки «subplan was not initialized» (подплан не был инициализирован).

- Отключение оптимизации обратного перехода для оконных агрегатных функций, когда вызов содержит вложенные операторы SELECT (Дэвид Роули)

  Для данной оптимизации необходимо, чтобы выражения аргументов агрегатной функции возвращали повторяющиеся результаты, что может не выполняться для вложенного SELECT.

- Исправление ошибок при выполнении вложенных конструкций ARRAY[] (Александр Лахин, Том Лейн)

  Теперь корректно выявляется переполнение общего объёма, необходимого для массива результатов, что позволяет устранить возможный сбой из-за выделения недостаточного объёма для вывода. Кроме того, обеспечивается обнуление любого дополняющего пробела в результирующем массиве; хотя оставлять в нём мусор, как правило, безвредно, позднее это могло приводить к непредсказуемому поведению.

- Предотвращение сбоя при изменении поля в столбце массива доменного типа, созданного поверх составного типа (Дмитрий Долгов)

- Исправление логики отсечения секций для секционирования по логическим столбцам (Дэвид Роули)

  Отсечение с таким условием, как boolcol IS NOT TRUE, выполнялось неправильно, что могло приводить к тому, что строки, в которых boolcol равен NULL, не возвращались. Кроме того, обрабатывался неправильно довольно редкий случай секционирования при NOT boolcol.

- Устранение условий гонки при очистке по порциям во время параллельного хеш-соединения (Томас Манро, Мелани Плейгман)

  При неудачном выборе времени и parallel_leader_participation = off (не являющимся значением по умолчанию) был возможен сбой.

- Повторное вычисление столбцов GENERATED после проверки EvalPlanQual (Том Лейн)

  В режиме изоляции READ COMMITTED могло потребоваться повторное применение результатов изменения строки к её более новой версии, чем первоначально обнаруженная запросом. В таком случае любые столбцы GENERATED теперь вычисляются повторно, если они зависят от столбцов, изменённых параллельно.

- Отключение балансировки задержки очистки по стоимости, если параметр `vacuum_cost_delay` в таблице для каждого отношения равен нулю (Масахико Савада)

  Балансировка задержки должна отключаться каждый раз, когда автоочистка обрабатывает таблицу с параметром `vacuum_cost_delay`, заданным для каждого отношения, но это было реализовано только для положительных значений, не включая ноль.

- Устранение сбоев в особых случаях при добавлении столбцов в конец представления (Том Лейн)

- Исправление ошибки, редко возникавшей во вложенных планах MULTIEXPR_SUBLINK при изменении секционированных таблиц (Том Лейн)

  Использование синтаксиса `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE SET (c1, ...) = (SELECT ...)` с секционированной целевой таблицей могло приводить к ошибке, если какая-либо дочерняя таблица отличалась от родительской (например, имела другой физический порядок столбцов). Обычно это проявлялось как ошибка при проверке согласованности в исполнителе; но также был возможен сбой или некорректное изменение данных.

- Исправление обработки маркеров `DEFAULT` в многострочном запросе `INSERT ... VALUES` к представлению с правилом `DO ALSO INSERT ... SELECT` (Дин Рашид)

  Такие случаи обычно заканчивались ошибками «unrecognized node type» (нераспознанный тип узла) или сбоями проверочных утверждений.

- Поддержка ссылок на `OLD` и `NEW` в подзапросах внутри действий правил (Дин Рашид, Том Лейн)

  Такие ссылки на самом деле являются ссылками `LATERAL`, но если подзапрос не был явно помечен как `LATERAL`, это могло вызывать крах сервера. При необходимости это выполняется неявно.

- Обеспечение написания правильного псевдонима целевой таблицы при декомпиляции правила или тела SQL-функции, содержащего `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE` внутри `WITH` (Том Лейн)

- Устранение ошибок в оптимизации `SERIALIZABLE READ ONLY` (Томас Манро)

  Транзакции, уже помеченные как «обречённые», запутывали оптимизацию безопасных снимков для транзакций `SERIALIZABLE READ ONLY`. В некоторых случаях оптимизация необоснованно пропускалась. В других случаях происходил сбой проверочного утверждения (но в сборках без проверочных утверждений проблем не наблюдалось).

- Предотвращение утечки слотов обработчика кеша в модуле логического декодирования `pgoutput` (Ши Юй)

  Несколько циклов запуска и отключения модуля в течение одного сеанса в конечном итоге могли приводить к ошибке «out of relcache_callback_list slots» (нет свободных слотов relcache_callback_list).

- Исключение ненужных вызовов пользовательских функций проверки для параметров класса операторов индекса (Александр Коротков)

  Это изменение исправляет поведение в некоторых случаях, когда возникала непредвиденная ошибка.

- Исправление обращения к недействительному указателю при построении индекса GiST с буферизацией (Александр Лахин)

  Эта ошибка должна быть безобидной в обычных сборках, поскольку получаемое значение не является критичным; но потенциально она могла приводить к краху сервера.

- Игнорирование удалённых столбцов и генерируемых столбцов во время логической репликации действий изменения или удаления (Ондер Каладжи, Ши Юй)

  Ранее репликация с параметром `REPLICA IDENTITY FULL` завершалась ошибкой, если таблица содержала такие столбцы.

- Исправление имени события ожидания в вводе-выводе буфера SLRU для времени фиксации транзакции (Александр Лахин)

  Это событие ожидания согласно документации называлось `CommitTsBuffer`, но в коде оно было указано как `CommitTSBuffer`. Код был изменён для соответствия документации, поскольку так он согласуется с именами других событий ожидания.

- Устранение возможного антипереполнения при расчёте количества сохраняемых сегментов WAL (Кётаро Хоригути)

  Это могло приводить к неправильному учёту `wal_keep_size`.

- Поддержка сертификатов RSA-PSS со связыванием каналов SCRAM-SHA-256 (Джейкоб Чемпион, Хейкки Линнакангас)

  Для этой функциональности требуется сборка с OpenSSL 1.1.1 или выше. Она влияет как на сервер, так и на libpq.

- Устранение условий гонки при отслеживании идентификатора процесса в Windows (Томас Манро)

  Операционная система могла повторно использовать PID до того, как управляющий процесс postmaster обнаруживал, что этот дочерний процесс исчез. Это могло приводить к отслеживанию более чем одного дочернего процесса с одним и тем же PID, что вызывало путаницу.

- Добавление недостающих кодов состояния в `SPI_result_code_string()` (Дин Рашид)

- Исправление ошибочных отметок Valgrind для `AllocSetRealloc()` (Карина Лицкевич)

  В особом случае при уменьшении размера большого (>8КБ) непрерывного блока памяти, выделенного через palloc, сборка под контролем Valgrind могла неправильно отметить состояние памяти, освобождённой от порции, что могло приводить к неверным результатам во время тестирования Valgrind.

- Предотвращение сбоя проверочного утверждения при декодировании сообщения логической репликации транзакций (Томаш Вондра)

- Недопущение зависимости от локали при обработке спецсимволов регулярных выражений (Джефф Дэвис)

  Использование обратной косой черты, за которой следовал символ не из кодировки ASCII, иногда могло приводить к сбою проверочного утверждения в зависимости от текущей локали.

- Недопущение создания пустых записей WAL в `log_newpage_range()`, когда последние несколько страниц в указанном диапазоне пусты (Маттиас ван де Меент)

  Не совсем ясно, возможно ли это на практике в выпущенных версиях, но если это так, то мог происходить сбой проверочного утверждения.

- Устранение утечки памяти во время существования сеанса в блоках plpgsql `DO`, в которых используются выражения приведения типа (Аджит Авекар, Том Лейн)

- Уточнение проверки размерности массива при преобразовании структур списка Perl в многомерные массивы SQL (Том Лейн)

  plperl мог вести себя неправильно при несогласованной вложенности списков, когда данные представляли собой не прямоугольный массив значений. В таких случаях теперь возникает ошибка, но раньше они могли приводить к сбою или возвращался мусор.

- Уточнение проверки размерности массива при преобразовании структур списка Python в многомерные массивы SQL (Том Лейн)

  plpython мог вести себя неправильно при работе с пустыми вложенными списками или несогласованной вложенности таких списков, когда данные представляли собой не прямоугольный массив значений. В первом случае должен был выдаваться пустой массив, а во втором — ошибка. Однако в некоторых случаях происходил сбой, а в других выводился неожиданный результат.

- Исправление раскрутки стека исключений в plpython (Син Го)

  В редких случаях ошибок очистка стека исключений PG_TRY могла не происходить, что могло приводить к сбою, если другая ошибка возникала до того, как поднимался следующий уровень стека.

- Исправление непоследовательной обработки ошибок GSS-шифрования в функции `PQconnectPoll()` расширения libpq (Микаэль Пакье)

  Если для параметра `gssencmode` установлено значение `require`, соединение не помечалось как разорванное после сбоя инициализации GSS. Теперь работа немедленно прекращается, как это уже давно было сделано для аналогичного случая с шифрованием TLS.

- Предупреждение возможного повреждения данных в программах ecpg, собранных с параметром `-C ORACLE` (Кётаро Хоригути)

  При вызове функции `ecpg_get_data()` с нулевым значением `varcharsize` она могла записать завершающий нулевой символ в последний байт предыдущего поля, усекая данные в этом поле.

- Внесение исправлений в код pg_dump для последующего успешного восстановления секционированных таблиц с хеш-секционированием по столбцу типа-перечисления (Том Лейн)

  Поскольку хеш-коды для значений типа-перечисления зависят от OID, присвоенных перечислению, они обычно отличаются после выгрузки и восстановления, а это означает, что строки часто оказываются не в той секции, где они были изначально. Пользователи могут изменить это поведение, указав параметр `--load-via-partition-root`; но поскольку без него шансов на успех почти нет, pg_dump теперь автоматически применяет его к таким таблицам.

  Кроме того, исправлено поведение pg_restore, чтобы исключить попытки выполнить команду `TRUNCATE` для целевых таблиц перед восстановлением данных в них при использовании `--load-via-partition-root`. Это позволяет избежать взаимоблокировок и потери данных.

- Предотвращение сбоев в `contrib/hstore_plpython`, если преобразуемое значение Python не является сопоставлением (Дмитрий Долгов, Том Лейн)

  В таких случаях должна была возникать ошибка, но в Python 3 некоторые API изменились таким образом, что проверка работала неправильно и приводила к сбою.

- Требование использования значений, кратных 4, для параметра `siglen` индекса GiST в столбце `ltree` (Александр Коротков)

  Другие значения приводили к несогласованному обращению к содержимому индекса, что безвредно на оборудовании, совместимом с Intel, но могло приводить к сбою на некоторых других архитектурах.

- Исправление неправильного поведения в `contrib/pg_trgm` в случае, когда условие регулярного выражения не удовлетворяется (Том Лейн)

  Регулярное выражение, такое как `$foo`, является допустимым, но невыполнимым; компилятор регулярных выражений распознаёт это и создаёт пустую диаграмму НКА. Попытка оптимизировать такую диаграмму для сканирования индекса GIN или GiST в pg_trgm приводила к выходу за границу рабочего массива, что могло вызывать сбои.

- Использование параметра `--strip-unneeded` при удалении лишнего из статических библиотек GNU-совместимым расширением strip (Том Лейн)

  Ранее процедура `make install-strip` использовала в этом случае параметр `-x`. Это изменение позволяет избежать неправильного поведения llvm-strip, а также немного сокращает вывод.

- Удаление рекомендаций выполнить автоматическую загрузку файлов DTD для сборки документации и полное отключение такой возможности (Александр Алексеев, Питер Эйзентраут, Том Лейн)

  Теперь нет возможности собирать документацию SGML, не установив файлы DTD DocBook локально. Раньше xsltproc мог загружать эти файлы на лету с sourceforge.net; но sourceforge.net сейчас разрешает доступ только по HTTPS, а ни одна версия xsltproc этого не поддерживает. Поэтому части документации, предполагающие, что это возможно или полезно, были удалены, и вместо этого в рецепты сборки был добавлен параметр xsltproc `--nonet`.

- Использование подходящего расположения для временного каталога `portlock` при проведении TAP-тестов в сборках PGXS (Питер Эйзентраут)

  Теперь этот каталог создаётся в `tmp_check` в каталоге сборки. Раньше сборки с PGXS пытались создавать его в каталоге установки, который не обязательно был доступен для записи.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2023c, включающее изменение правил перехода на летнее время в Египте, Гренландии, Марокко и Палестине.

  Для обозначения московского времени в часовых поясах Europe/Kirov и Europe/Volgograd теперь вместо числовых аббревиатур используются аббревиатуры MSK/MSD для согласованности с другими часовыми поясами, использующими московское время. Кроме того, часовой пояс America/Yellowknife теперь идентичен America/Edmonton; это отражается на некоторых временных метках до 1948 года в данной зоне.

E.13. Выпуск 13.10

Дата выпуска: 2023-02-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.9. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.13.1. Миграция на версию 13.10

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.7, см. также Раздел E.16.

E.13.2. Изменения

- Устранение утечки содержимого памяти после сбоя инициализации шифрования трафика GSSAPI в библиотеке libpq (Джейкоб Чемпион)

  Модифицированный сервер или неаутентифицированный посредник мог отправить во время настройки шифрования трафика GSSAPI (Kerberos) сообщение об ошибке без завершающего нулевого байта. Затем libpq копировал эту строку, а также все последующие байты в памяти приложения вплоть до следующего нулевого байта в свой отчёт об ошибке. В зависимости от того, как вызывающее приложение использовало отчёт об ошибке, содержимое памяти приложения могло быть раскрыто. Также существовала небольшая вероятность сбоя из-за чтения за пределами памяти. Теперь сообщение сервера верно завершается нулевым байтом. (CVE-2022-41862)

- Исправление вычисления генерируемых столбцов (`GENERATED`), которые должны обновляться в дочерних таблицах во время выполнения команды `UPDATE` для секционированной таблицы или дерева наследования (Амит Ланготе, Том Лейн)

  Исправлена ошибка при обновлении генерируемых столбцов (`GENERATED`), зависимости которых отличаются от имеющихся в генерирующем выражении родительского столбца.

- Возможность назначения пометки `REPLICA IDENTITY` нерабочему (пока) индексу (Том Лейн)

  Когда программа pg_dump выгружает секционированный индекс с пометкой `REPLICA IDENTITY`, создаётся последовательность команд, в которой `REPLICA IDENTITY` применяется до того, как секционированный индекс помечается рабочим, что приводит к сбою восстановления. Кажется, нет веской причины запрещать такой порядок действий, так что данная возможность допускается. `REPLICA IDENTITY` в любом случае не будет действовать, пока индекс не будет рабочим.

- Исправление обработки маркеров `DEFAULT` в правилах, выполняющих `INSERT` из многострочного списка `VALUES` (Дин Рашид)

  В некоторых случаях маркер `DEFAULT` не заменялся правильным выражением со стандартным значением, что приводило к ошибке «unrecognized node type» (нераспознанный тип узла).

- Запрет использования неопределённых переменных в проверках существования `jsonpath` (Александр Коротков, Дэвид Дж. Джонстон)

  В то время как операторы сопоставления `jsonpath` выдавали ошибку при обнаружении неопределённой переменной в шаблоне пути, операторы существования рассматривали её как соответствующую.

- Устранение повреждения данных в особых случаях при параллельных соединениях по хешу (Дмитрий Астапов)

  Если последний фрагмент большого кортежа, записываемого во временный файл, составлял ровно 32760 байт, он повреждался из-за ошибки неучтённой единицы. После этого запрос обычно завершался сбоем с признаками повреждения данных.

- Учёт нестандартных значений `checkpoint_completion_target` (Бхарат Рупиредди)

  После изменения `checkpoint_completion_target` внутреннее состояние не обновлялось, что могло привести к тому, что ввод-вывод при создании контрольной точки выполнялся быстрее или медленнее, чем хотелось бы, особенно если этот параметр изменялся на лету.

- Запись в журнал правильной отметки времени окончания при восстановлении до `recovery_target_xid` (Том Лейн)

  При завершении восстановления до `recovery_target_xid` при `recovery_target_inclusive = off` в сообщение журнала записывалась неверная отметка времени (всегда 2000-01-01) «recovery stopping before ... transaction» (остановка восстановления перед транзакцией ...).

- Улучшение вывода для некоторых ошибок при чтении буферизованных файлов (Питер Эйзентраут)

  Теперь вместо бесполезного кода ошибки выводятся корректные сообщения о досрочном завершении чтения, с указанием количества байт, которые должны были быть прочитаны и фактически были прочитаны. Это исправление затрагивает только недавно добавленный код репликации.

- Предотвращение ошибки «wrong tuple length» (неверная длина кортежа) в конце выполнения команды `VACUUM` (Ашвин Агравал, Цзюньфэн Ян)

  Эта ошибка возникала, если команда `VACUUM` должна была изменить значение `datfrozenxid` для текущей базы данных, а в базе было так много предоставленных прав, что значение `datacl` требовало отдельного хранения.

- Недопущение немедленной фиксации после выполнения команды `ANALYZE` в расширенном протоколе запросов, если используется конвейерный режим (Том Лейн)

  Если не было явной команды `BEGIN TRANSACTION`, команда `ANALYZE` выполняла фиксацию, чего не должно происходить при выполнении команд в конвейере.

- Отклонение пакетов запроса на отмену, имеющих неправильную длину (Андрей Бородин)

  Сервер обрабатывал запрос на отмену, даже если значение в слове длины было недостаточным. Это приводило к чтению за пределами выделенного буфера. Теоретически это может вызывать критический сбой, но на практике это маловероятно, так как буфер должен быть очень близок к краю блока памяти. Более вероятным результатом стало бы ложное сообщение в журнале о неправильном PID процесса или коде отмены. Теперь вместо этого выводится ошибка о неправильной длине.

- Добавление защиты от рекурсии и зацикливания при «подтягивании» подзапросов (Том Лейн)

  Слишком сложный запрос может вызвать глубокую рекурсию и чрезмерно долгое упрощение подзапросов. Переносить корректное исправление в старые версии было бы слишком накладно, поэтому просто добавлены проверки глубины стека и проверка прерывания, чтобы разрешить отмену запроса.

- Исправление кода соединений с учётом секционирования для ситуаций, когда невозможно создать план для каждой секции (Том Лейн)

  Раньше могли возникать ошибки вида «could not devise a query plan for the given query» (не удалось выработать план для данного запроса).

- Ограничение объёма работ по очистке, выполняемых функцией `get_actual_variable_range` (Саймон Риггс)

  Когда планировщик запускается сразу после удаления большого количества кортежей в конце индекса, требуется значительный объём работ по установке бита соответствующего признака для этих записей индекса. Теперь объём работ, выполняемых в любом запросе, ограничивается проверкой 100 страниц кучи. Вся очистка в конечном итоге все равно произойдёт, но без значительного падения производительности.

- Обеспечение возможности отмены выполнения запросов полнотекстового поиска во время проверки соответствия фраз (Том Лейн)

- Устранение утечки памяти при вычислении хеша строк с недетерминированными правилами сортировки (Джефф Дэвис)

- Очистка объекта подключения libpq после неудачной попытки подключения для репликации (Андрес Фройнд)

  В предыдущей реализации кода возникала утечка объекта подключения. В коде фоновых процессов это вряд ли могло привести к негативным последствиям, потому что вызывающий процесс прекращал попытки и завершался. Но в таких командах, как `CREATE SUBSCRIPTION`, устранённый дефект приводил к небольшой утечке памяти во время существования сеанса.

- Уменьшение на серверах горячего резерва количества операций по поиску транзакций, активных на ведущем сервере (Саймон Риггс, Михаил Николаев)

  Недостаточно агрессивная очистка массива KnownAssignedXids могла приводить к снижению производительности, особенно если для параметра `max_connections` установлено большое значение на резервном сервере.

- Игнорирование аннулированных слотов логической репликации при определении старейшего значения xmin в каталоге (Сириша Чамарти)

  Слот репликации мог препятствовать очистке мёртвых кортежей в системных каталогах даже после аннулирования из-за превышения значения `max_slot_wal_keep_size`. Таким образом, сбой потребителя репликации мог приводить к бесконечному раздуванию каталога.

- Исправление использования неинициализированной памяти при логическом декодировании (Масахико Савада)

  В некоторых случаях при возобновлении логического декодирования производились попытки повторного использования уже освобождённых данных транзакций, что приводило к непредсказуемому поведению.

- Предотвращение редкой ошибки критического уровня «failed to acquire cleanup lock» (не удалось получить блокировку для очистки) во время воспроизведения из WAL операций разделения страницы хеш-индекса (Роберт Хаас)

- Увеличение LSN страницы кучи при установке бита полной видимости во время воспроизведения WAL (Джефф Дэвис)

  Без увеличения LSN страница на резервных серверах могла отличаться от страницы на ведущем, а также не происходили ожидаемые изменения LSN. Для PostgreSQL это вряд ли могло представлять опасность, но работа сторонних инструментов могла нарушиться.

- Предотвращение небезопасного использования указателя `rd_smgr` элемента кеша отношений (Амул Сул)

  Из кода удалены все предположения о том, что `rd_smgr` остаётся рабочим на протяжении серии операций; теперь его использование ограничивается функцией, которая при необходимости вычисляет его заново. Это исправление устраняет ошибки, возникавшие при неожиданной очистке кеша во время выполнения такой серии операций.

- Устранение скрытой проблемы переполнения буфера в логике `WaitEventSet` (Томас Манро)

  Реализации на основе `epoll` и `kqueue` могли запрашивать у ядра слишком много событий, если размер их внутреннего буфера отличался от размера выходного буфера вызывающей программы. Сообщения о такой проблеме в выпущенных версиях PostgreSQL не поступали, но эта ошибка представляет опасность для внешних модулей и будущих исправлений ошибок.

- Исключение номинально неопределённого поведения при доступе к общей памяти в 32-разрядных сборках (Андрес Фройнд)

  Санитайзер неопределённого поведения компилятора clang сообщал об использовании недостаточно выровненного указателя. Это вряд ли могло вызывать проблемы не в отладочных сборках, но было исправлено в целях тестирования.

- Удаление ошибочного утверждения в логике оптимизации ненужных результирующих RTE (Том Лейн)

- Исправление ошибок копирования и вставки в сообщениях об ошибках поиска в кеше для проверок ACL (Джастин Призби)

  В принципе эти ошибки никогда не должны были возникать. Но если это происходило, то некоторые из них сообщали неверный тип объекта.

- Исключение вызова небезопасных серверных функций в pg_dump до установления блокировки для проверяемых таблиц (Том Лейн, Жиль Даролд)

  Программа pg_dump использовала определённые серверные функции, которые могли вызывать сбой при проверке таблицы, удаляемой в этот момент. Сбои такого типа были устранены путём гарантированной установки блокировки `ACCESS SHARE` до выяснения свойств таблицы, а также исключением применения таких функций к таблицам, которые не будут выгружаться.

- Исправление дополнения табуляцией команды `ALTER FUNCTION/PROCEDURE/ROUTINE` ... `SET SCHEMA` (Дин Рашид)

- Исправление ошибки, из-за которой модуль `contrib/seg` вызывал сбой или выводил мусор, если вводилось число, содержащее более 127 цифр (Том Лейн)

- Устранение предупреждений в модуле `contrib/sepgsql` о том, что устарела версия libselinux (Микаэль Пакье)

- Исправление сборки на Microsoft Visual Studio 2013 (Том Лейн)

  В предыдущем патче предполагалось, что на всех нужных платформах есть функция `snprintf()`, но на MSVC 2013 её пока нет. На этой платформе следует использовать функцию `sprintf()`.

- Устранение ошибки компиляции при сборке PL/Perl с MSVC с использованием Strawberry Perl (Эндрю Дунстан)

- Устранение несоответствия сборки PL/Perl с MSVC библиотеке Perl, собранной с gcc (Эндрю Дунстан)

Такие комбинации ранее могли завершаться ошибкой «loadable library and perl binaries are mismatched» (несоответствие загружаемой библиотеки сборке perl).

- Подавление предупреждений компилятора о конструкциях в заголовочных файлах Perl (Андрес Фройнд)

  При использовании предпочтительных параметров компилятора выдаются предупреждения о конструкциях, появляющихся в последних версиях заголовочных файлов Perl. При использовании gcc эти предупреждения можно подавить с помощью указаний pragma.

- Внесение исправлений в код pg_waldump, чтобы он собирался компиляторами, которые не отбрасывают неиспользуемые функции `static inline` (Том Лейн)

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2022g, включающее изменение правил перехода на летнее время в Гренландии и Мексике, а также корректировку исторических данных для северной Канады, Колумбии и Сингапура (Том Лейн)

  Кроме того, новый часовой пояс America/Ciudad_Juarez был отделён от America/Ojinaga.

E.14. Выпуск 13.9

Дата выпуска: 2022-11-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.8. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.14.1. Миграция на версию 13.9

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.7, см. также Раздел E.16.

E.14.2. Изменения

- Предотвращение маловероятных случаев аварийной остановки при изменении данных и выполнении `VACUUM` одновременно (Том Лейн, Джефф Дэвис)

  Когда операция `VACUUM` устанавливает флаг «полностью видимая» для страницы, которая одновременно изменяется командой `UPDATE` или `DELETE`, эта команда снова должна сбросить флаг; в некоторых случаях этого не происходило, что вызывало аварийную остановку и перезапуск базы данных.

  Насколько известно, этот дефект мог проявляться в версиях 14 и 15, а в предыдущих не могло быть видимых проявлений.

- Исправление `VACUUM`, позволяющее продолжать очистку, если при удалении страницы индекса btree в родительской странице не нашлась ссылка на удаляемую страницу (Питер Гейган)

  Теперь в этом случае не выдаётся ошибка, а просто записывается сообщение в журнал и операция продолжается, оставляя пустую страницу. Раньше при наличии дефектного класса операторов или повреждённого индекса очистка индекса не могла завершиться, что в конце концов могло вызвать проблемы с зацикливанием идентификаторов транзакций.

- Исправление обработки элементов `DEFAULT` в предложении `VALUES` с несколькими кортежами при добавлении данных в изменяемое представление (Том Лейн)

  Следствием исправленного теперь упущения могли быть ошибки «cache lookup failed for type» (ошибка поиска в кеше для типа) или даже аварийный сбой в старых версиях.

- Недопущение имени `_RETURN` для всех правил, кроме правил `ON SELECT` (Том Лейн)

  Таким образом, задаваемое для представления правило `ON SELECT` будет отличаться от других задаваемых для него правил.

- Устранение дефекта в управлении ресурсами при сохранении кортежей для триггеров `AFTER` (Том Лейн)

  При определённых обстоятельствах могла возникнуть ошибка «tupdesc reference *NNNN* is not owned by resource owner» (дескриптор кортежа *NNNN* не принадлежит владельцу ресурса), после чего происходила аварийная остановка.

- Исправление ошибки, редко возникавшей во вложенных планах MULTIEXPR_SUBLINK при `UPDATE` с наследованием (Том Лейн)

  При выполнении команды `UPDATE tab SET (c1, ...) = (SELECT ...)`, где целевая таблица секционирована или имеет потомков, мог произойти сбой, если дочерние таблицы имели существенные различия. Как правило, это проявлялось в нарушении проверок согласованности в исполнителе, но также могла произойти аварийная остановка или данные изменялись некорректно.

- Корректировка формирования ограничений внешнего ключа для секций при выполнении `ALTER TABLE ATTACH PARTITION` (Жеан-Гийом де Рорте, Альваро Эррера)

  Ранее для добавляемой секции могли формироваться некорректные или повторяющиеся ограничения.

- Исправление выбора имени ограничения внешнего ключа для секций (Жеан-Гийом де Рорте)

  Если изначально заданное имя уже используется для какого-либо ограничения секции, выбирается новое имя; ранее оно выбиралось неправильно.

- Исправление некорректного сопоставления индексных выражений и предикатов при создании секционированного индекса (Ричард Гуо, Том Лейн)

  При создании секционированного индекса система пытается найти в секциях индексы, совпадающие с создаваемым, чтобы задействовать эти дочерние индексы, а не создавать новые. Ранее сопоставление индексов выполнялось неправильно: подходящие дочерние индексы могли пропускаться, что приводило к созданию дубликатов.

- Предотвращение повреждения WAL после повышения ведомого сервера (Дилип Кумар, Роберт Хаас)

  Когда экземпляр PostgreSQL, выполняющий восстановление архива (но не работающий в режиме горячего резерва), переключался в роль ведущего и последний прочитываемый им сегмент WAL завершался неполной записью, экземпляр записывал некорректный сегмент WAL в новой линии времени.

- Исправление неверного порядка операций WAL при добавлении данных в индексы GIN по быстрому пути (Маттиас ван де Меент, Мингли Чжан)

  О негативном влиянии этого дефекта на работу ядра PostgreSQL неизвестно, но с некоторыми расширениями возникали проблемы.

- Исправление ошибок в логическом декодировании при запуске воспроизведения с позиции между началом транзакции и началом подтранзакции (Масахико Савада, Хайато Курода)

  Устранённые теперь ошибки могли приводить к сбоям проверочных утверждений в отладочных сборках или же к утечкам памяти.

- Предотвращение обращения к системным каталогам с использованием неверного снимка во время логического декодирования (Масахико Савада)

  Если декодирование начиналось посреди транзакции, изменяющей системные каталоги, этот факт мог остаться незамеченным, и поиск по каталогу при декодировании производился без учёта данной транзакции.

- Добавление точек, в которых возможно прерывание при логическом декодировании (Амит Капила, Масахико Савада)

Тем самым устраняются проблемы медленного отключения рабочих процессов репликации.

- Предотвращение в рабочих процессах репликации попыток реплицировать данные секций в сторонние таблицы (Ши Юй, Том Лейн)

  Хотя сторонние таблицы могут быть секциями секционированных таблиц, реплицировать данные в такие секции в настоящее время нельзя. Ранее при попытке сделать это рабочий процесс логической репликации аварийно прерывался, а теперь он выдаёт ошибку.

- Удаление бессмысленной проверки идентификатора реплики для секционированных таблиц (Хоу Чжицзе)

  Для секционированных таблиц имеет значение только, установлен ли идентификатор реплики для конечных секций, поэтому если он отсутствует в родительской таблице, выдавать ошибку не нужно.

- Устранение сбоя рабочего процесса репликации в случае синтаксической ошибки в функции (Максим Орлов, Антон Мельников, Масахико Савада, Том Лейн)

  Если в команде `CREATE FUNCTION` или `DO` на языке SQL или PL/pgSQL была допущена синтаксическая ошибка, при выполнении этой команды рабочим процессом репликации он завершался аварийно из-за обращения по нулевому указателю или сбоя проверочного утверждения.

- Исправление обработки допускающих изменение развёрнутых данных, передаваемых в функции SQL (Том Лейн)

  В случае неоднократного использования одного параметра в невстроенной SQL-функции, когда предполагается, что вызываемая из неё SQL-функция должна модифицировать его данные на месте, при следующих обращениях к этому параметру его значение было некорректным. (В ядре PostgreSQL механизм развёрнутых данных используется только для массивов и значений составного типа; однако расширения могут использовать его и для других структурированных типов.)

- Исправление обработки значений NaN при проверке равенства значений типа `circle` (Ранье Вилела)

  Если для круга, находящегося слева, в качестве радиуса было указано значение NaN, такой круг считался равным всем кругам с теми же координатами центра и любым радиусом.

- Отказ от вызова стеммера в Snowball для чрезмерно длинных слов (Олли Беттс, Том Лейн)

  Если размер слова превышает 1000 байт, оно не обрабатывается кодом Snowball, а возвращается как есть после преобразования регистра. Это ограничение помогает избежать известной проблемы переполнения стека при рекурсии в стеммере для турецкого языка, а также представляется хорошей защитой от других проблем с безопасностью или производительностью, возможных в стеммерах Snowball. Строки такого размера не могут быть словами какого-либо человеческого языка, поэтому сомнительно, что стеммер мог бы выдать желаемый результат в любом случае.

- Ликвидация риска использования освобождённой памяти при сравнении строк (Том Лейн)

  Вследствие некорректного управления памятью в функциях сравнения строк код мог писать в уже освобождённые буферы и тем самым навредить следующему пользователю этой памяти. Это могло происходить при сравнении только довольно длинных строк (больше 1 КБ) и только при использовании правила сортировки ICU.

- Добавление в планировщик проверки, предотвращающей обращения к таблице, для которой нет табличного метода доступа (Том Лейн)

  Это предотвращает сбой в некоторых случаях повреждения каталогов, например при использовании представления без правила `ON SELECT`.

- Предотвращение краха процесса postmaster при повреждении общей памяти (Том Лейн)

Предполагается, что повреждение общей памяти не должно быть критическим для процесса postmaster, он должен штатно перезапустить базу данных, но в одном месте кода были предприняты не все меры для этого.

- Добавление дополнительной защиты от переполнения стека при рекурсии (Ричард Гуо, Том Лейн)
- Исправление некорректного выбора размера хеш-таблицы при обработке больших кортежей с очень маленьким объёмом `work_mem` (Мингли Чжан)
- Предотвращение долгосрочной утечки памяти в процессе запуска автоочистки (Рид Томпсон)

  Сообщения об этой проблеме не поступали, что говорит о том, что до версии 15 она была скрытой, не вполне понятно почему; в любом случае исправление перенесено и в старые версии.
- Улучшение способности PL/pgSQL обрабатывать параметры, объявленные как `RECORD` (Том Лейн)

  Теперь для каждого конкретного типа, передаваемого в параметре `RECORD` в течение сеанса, для функции создаётся отдельная запись в кеше, как это делается для полиморфных параметров. Ранее в таких ситуациях могла возникнуть ошибка «type of parameter does not match that when preparing the plan» (тип параметра не соответствует тому, с которым подготавливался план).
- Добавление в libpq недостающих проверок указателя соединения на `NULL` (Даниэле Вараццо, Том Лейн)

  Есть соглашение, что функции libpq должны проверять, не передан ли NULL в аргументе PGconn, и в этом случае завершаться штатной ошибкой, а не крахом. Функции `PQflush()` и `PQisnonblocking()` этому соглашению не следовали, но теперь они исправлены.
- Устранение в ecpg исчезания класса хранения переменных при описании в одном объявлении нескольких переменных `varchar` или `bytea` (Андрей Соколов)

  Например, объявление `static varchar str1[10], str2[20], str3[30];` преобразовывалось в ecpg таким образом, что пометка `static` оставалась только у переменной `str1`.
- Обеспечение возможности кроссплатформенного перемещения табличных пространств в pg_basebackup (Том Лейн)

  Теперь удалённый путь в `--tablespace-mapping` может задаваться как абсолютный путь и в стиле Unix, и в стиле Windows, поскольку ОС исходного сервера и локальной системы могут различаться.
- Устранение обращения к освобождённой памяти в pg_stat_statements (Цигуй Чжао)

  Проблема возникала, когда в pg_stat_statements отслеживалась команда `ROLLBACK`, переданная по расширенному протоколу запросов. В отладочных сборках при этом гарантированно происходили сбои проверочных утверждений, а в обычных чаще всего никаких заметных негативных последствий не было, но если освобождённая память использовалась снова, это было чревато сохранением мусора в строке запроса.
- Обеспечение в postgres_fdw наличия всех необходимых столбцов в целевых списках, формируемых для планов EvalPlanQual (Ричард Гуо, Эцуро Фудзита)

  Тем самым предупреждаются ошибки «variable not found in subplan target list» (переменная не найдена в целевом списке подплана), возникавшие в редких случаях.
- Недопущение нежелательного вывода системной функции `uuid_create()` (Назир Билал Явуз)

  Модуль uuid-ossp ожидает, что функция libc `uuid_create()` вернёт UUID версии 1, но в последних версиях NetBSD возвращается UUID версии 4 (случайный). Теперь версия проверяется, и в случае несоответствия выдаётся ошибка. Из документации удалено упоминание NetBSD в перечне систем, подходящих для использования uuid-ossp. (Если для ваших целей подходят UUID версии 4, uuid-ossp вам вовсе не нужен — используйте функцию `gen_random_uuid()`.)

- Включение новых модулей Perl для тестирования в стандартную инсталляцию (Альваро Эррера)

  `PostgreSQL/Test/Cluster.pm` и `PostgreSQL/Test/Utils.pm` добавлены в список файлов для стандартной инсталляции версий до 15. Это может быть полезно для тестирования расширений, когда возникает желание использовать новые тесты в старых версиях.

- Обеспечение в NetBSD динамического разрешения символов в момент запуска процесса postmaster (Андрес Фройнд, Том Лейн)

  Тем самым устраняется риск взаимоблокировки при выполнении динамического связывания в NetBSD 10.

- Устранение несовместимостей с LLVM 15 (Томас Манро, Андрес Фройнд)

- Добавление возможности использовать `__sync_lock_test_and_set()` для циклических блокировок на любой машине (Том Лейн)

  Это упрощает перенос на новую машинную архитектуру, по крайней мере, если вы используете компилятор, поддерживающий эту встроенную в GCC функцию.

- Переименование символа `REF` в `REF_P` во избежание проблем при компиляции в последних версиях macOS (Том Лейн)

- Исключение использования функции `sprintf`, чтобы во время компиляции не выдавались предупреждения о том, что она устарела (Том Лейн)

- Устранение различных предупреждений, выдаваемых компилятором clang версии 15 и выше (Том Лейн)

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2022f, включающее изменение правил перехода на летнее время в Чили, Иране, Иордании, Мексике, Палестине, Сирии и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Чили, Крыма, Ирана и Мексики.

  Кроме того, пояс Europe/Kiev был переименован в Europe/Kyiv. Помимо этого, следующие пояса были включены в соседние, более популярные пояса, в которых время было таким же с 1970 г.: Antarctica/Vostok, Asia/Brunei, Asia/Kuala_Lumpur, Atlantic/Reykjavik, Europe/Amsterdam, Europe/Copenhagen, Europe/Luxembourg, Europe/Monaco, Europe/Oslo, Europe/Stockholm, Indian/Christmas, Indian/Cocos, Indian/Kerguelen, Indian/Mahe, Indian/Reunion, Pacific/Chuuk, Pacific/Funafuti, Pacific/Majuro, Pacific/Pohnpei, Pacific/Wake и Pacific/Wallis. (Это косвенно влияет на пояса, ранее включённые в другие: Arctic/Longyearbyen, Atlantic/Jan_Mayen, Iceland, Pacific/Ponape, Pacific/Truk и Pacific/Yap.) Пояса America/Nipigon, America/Rainy_River, America/Thunder_Bay, Europe/Uzhgorod и Europe/Zaporozhye также были включены в соседние, поскольку выяснилось, что заявления об отличиях этих поясов от соседних (после 1970 года) оказались ошибочными. Для всех этих поясов старое название сохранено в качестве альтернативного; фактически используются данные пояса, в который они были включены.

  В результате такого включения для включённых поясов теряется история до 1970 г., что может вызвать проблемы в приложениях, рассчитывающих на согласованный вывод `timestamptz`. Например, хранимое значение `1944-06-01 12:00 UTC` ранее для часового пояса Europe/Stockholm выводилось как `1944-06-01 13:00:00+01`, а теперь будет выводиться как `1944-06-01 14:00:00+02`.

  В принципе возможно собрать файлы часовых поясов так, чтобы были восстановлены данные старых поясов, но при этом будут добавлены и другие старые (и, как правило, плохо проверенные) данные поясов, что принесёт по сравнению с предыдущей версией больше изменений, чем просто принятие изменений из проекта tzdata. В PostgreSQL было решено включить в поставку рекомендованные данные tzdb, и насколько нам известно, производители большинства операционных системы поступают так же. Тем не менее, если эти изменения приводят к существенным проблемам в вашем приложении, возможным решением будет установка локальной сборки файлов с данными часовых поясов tzdb, полученной с указанием параметров для обратной совместимости (см. параметры `PACKRATDATA` и `PACKRATLIST`).

E.15. Выпуск 13.8

Дата выпуска: 2022-08-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.7. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.15.1. Миграция на версию 13.8

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.7, см. также Раздел E.16.

E.15.2. Изменения

- Предотвращение замены объекта при выполнении скрипта расширения, если этот объект до этого не принадлежал расширению (Том Лейн)

  Теперь скриптам расширения запрещается выполнять `CREATE OR REPLACE` для существующего объекта, не принадлежащего расширению. Также запрещается выполнять `CREATE IF NOT EXISTS` в аналогичной ситуации. Тем самым обеспечивается защита от атак с внедрением троянского кода, когда злонамеренный пользователь базы данных мог стать владельцем объекта в расширении, а затем изменить его с целью перехватить управление при его дальнейшем использовании другими пользователями. Попутно эта защита снижает риск случайной замены объектов.

  Проект PostgreSQL благодарит Свена Клемма за сообщение об этой проблеме.
  (CVE-2022-2625)

- Исправление воспроизведения записей WAL для `CREATE DATABASE` на ведомых серверах (Кётаро Хоригути, Асим Правин, Пол Гуо)

  На ведомых серверах могут отсутствовать каталоги табличных пространств, необходимые для воспроизведения записей WAL о создании базы данных. До этого исправления ведомый сервер не мог восстановиться в таких случаях, хотя каталоги могли отсутствовать на законных основаниях. Теперь табличное пространство создаётся (как обычный каталог), а по достижении согласованного состояния проверяется, что оно было корректно удалено.

- Поддержка «внутренних» табличных пространств (Томас Манро, Микаэль Пакье, Альваро Эррера)

  В PostgreSQL табличное пространство — это обычно символическая ссылка на каталог в другой файловой системе. Теперь табличное пространство может представлять собой простой каталог. Это не позволяет размещать таблицы в разных файловых системах, но полезно при тестировании. Кроме того, это является частью решения предыдущей проблемы, которое заключается в том, что отсутствующее табличное пространство временно создаётся в виде «внутреннего» пространства.

- Исправление проверки прав в `CREATE INDEX` (Натан Боссарт, Ной Миш)

  В результате исправления уязвимости CVE-2022-1552 команда `CREATE INDEX` стала искать классы операторов и другие объекты с правами владельца таблицы, а не с правами выполняющего её пользователя, как это было ранее. При этом возникала проблема с выгрузкой/восстановлением данных, поскольку pg_dump выполняет `CREATE INDEX` до назначения прав.

- Выполнение немедленной фиксации транзакции в расширенном протоколе запросов после `CREATE DATABASE` и других команд, которые нельзя использовать в блоке транзакции (Том Лейн)

  Если клиент сразу после такой команды отправляет не сообщение Sync, а другую команду, любой сбой в последней приводит к откату предыдущей. Обычно следствием этого будет рассогласование состояния на диске (например, будет отсутствовать или обнаружится лишний каталог базы данных). Механизмы предотвращения такой несогласованности, как выяснилось, работают, когда несколько команд передаются в одном сообщении простого протокола, но не когда они передаются в последовательности сообщений расширенного протокола. Чтобы обеспечить согласованность и при этом не поломать сценарии использования, которые работали ранее, теперь после таких команд выполняется неявная фиксация транзакции.

- Устранение условий гонки при проверке видимости транзакций (Саймон Риггс)

  Функция `TransactionIdIsInProgress` могла выдать `false` для транзакции, которая ещё не стала видимой, что могло иметь различные негативные последствия. Как правило, окно условий гонки довольно узкое, но синхронная репликация расширяет его, поскольку в этом окне выполняется ожидание синхронной реплики.

- Исправление запросов, в которых переменная «вся строка» ссылается на результат функции, возвращающей домен поверх составного типа (Том Лейн)

- Устранение ошибки планировщика «variable not found in subplan target list» (переменная не найдена в целевом списке подплана) при подтягивании наверх вложенного `SELECT`, задействованного в аргументе функции `GROUPING` (Ричард Гуо)

- Исправление некорректного планирования при сортировке по выражению, в котором функция, возвращающая множество, вызывается не на верхнем уровне (Ричард Гуо, Том Лейн)

- Предотвращение аварийного сбоя планировщика в ходе обработки предложений `*константа* = ANY(*массив*)` при наличии расширенной статистики типа MCV по переменным-массивам (Том Лейн)

- Исправление обработки рекурсии для триггеров секционированных таблицы в `ALTER TABLE ... ENABLE/DISABLE TRIGGER` (Альваро Эррера, Амит Ланготе)

  В определённых случаях эта команда завершалась ошибкой «trigger does not exist» (триггер не существует) при попытке изменить состояние триггера в дочерней секции, где его не было.

- Улучшение сообщений об ошибках синтаксиса для типа `jsonpath` (Эндрю Дунстан)

- Исключение возможности получения от функции `pg_stat_get_subscription()` дополнительной строки с «мусорными» значениями (Кунтал Гхош)

- Реализация очистки состояния сеанса в `pg_stop_backup()` (Фудзии Масао)

  Раньше такая очистка не выполнялась, что могло приводить к ошибкам или сбоям проверочных утверждений в том же сеансе.

- Исправление сопоставления псевдонимов соединяемых отношений в предложениях `FOR [KEY] UPDATE/SHARE` (Дин Рашид)

  Ранее в особых случаях могло выдаваться неверное сообщение об ошибке.

- Устранение сбоя при использовании в конструкции `XMLTABLE` или `JSON_TABLE` слишком большого числа псевдонимов столбцов (Альваро Эррера)

- Предотвращение выполнения выражений и функций `ROW()` со слишком большим количеством столбцов во `FROM` (Том Лейн)

  Запросы с более чем 1600 столбцами не поддерживаются и всегда завершаются ошибкой. Однако обнаружилось, что старую реализацию можно было довести до сбоя проверочных утверждений или краха, составив запрос с более чем 32K столбцами. Чтобы предотвратить это, добавлена проверка количества столбцов при разборе запроса.

- Отображение столбцов `SELECT`, выводимых в выдаваемом определении правила или представления, с предложением `AS "?column?"`, если могут существовать внешние ссылки на них (Том Лейн)

  Ранее такой автоматически создаваемый псевдоним всегда скрывался, но вследствие этого в некоторых случаях полученное определение правила или представления нельзя было восстановить.

- Исправление выгрузки представления, вызывающего во `FROM` функцию с результатом составного типа, какие-либо столбцы которого были удалены после создания представления (Том Лейн)

  Ранее выгруженное представление могло содержать лишние псевдонимы для столбцов результата функции, что препятствовало восстановлению данных или работе pg_upgrade.

- Передача информации о неявном создании семейств операторов событийным триггерам (Масахико Савада)

  Если при выполнении `CREATE OPERATOR CLASS` неявно создавалось семейство операторов, событийные триггеры не замечали создание этого объекта.

- Корректировка изменения управляющего файла при выполнении процедуры точки перезапуска во время повышения ведомого сервера (Кётаро Хоригути)

  Ранее при завершении процедуры точки перезапуска она могла ошибочно изменить сведения о последней контрольной точке в управляющем файле, следствием чего могла быть аварийная остановка сервера и невозможность перезапустить сервер в случае сбоя до выполнения следующей контрольной точки.

- Предотвращение срабатывания тайм-аута `wal_receiver_timeout` на ведомом сервере в процессе логической репликации больших транзакций (Вэй Ван, Амит Капила)

  Если во время большой транзакции на ведущем сервере ведомому не передавались никакие данные (например, потому что изменяемые в ней таблицы не опубликованы), на ведомом сервере мог сработать тайм-аут. Для устранения этой проблемы в таких ситуациях периодически будут передаваться сообщения об активности.

- Запрет вложенных операций резервного копирования в режиме передачи данных логической репликации (Фудзии Масао)

- Устранение утечки памяти в коде подписчика логической репликации (Хоу Чжицзе)

- Корректировка проверки идентификатора реплики при логической репликации с секционированной целевой таблицей (Ши Юй, Хоу Чжицзе)

  Столбцы, образующие идентификатор реплики, должны проверяться для дочерней секции.

- Обеспечение обновления кешируемых данных схемы на подписчике логической репликации в случае изменения схемы (Ши Юй, Хоу Чжицзе)

- Предотвращение утечки открытого дескриптора при чтении неправильного файла с сокращёнными обозначениями часовых поясов (Кётаро Хоригути)

  В таких случаях могли выдаваться некритичные предупреждения.

- Обеспечение поддержки дополнительных серверных параметров, для которых в качестве короткого описания задано NULL (Стив Чавес)

  Расширения могли создавать такие параметры и ранее, но в некоторых местах кода при их обработке происходил сбой.

- Исправление обработки флагов `BRIN_EVACUATE_PAGE` в логике проверки целостности WAL (Хайян Ван)

- Исправление некорректных проверочных утверждений в коде управления разделяемыми хеш-таблицами (Томас Манро)
- Осуществление очистки после ошибок во время фиксации в `SPI_commit()` вместо перекладывания очистки на вызывающий код (Питер Эйзентраут, Том Лейн)

  Корректно провести очистку сложно, и при этом нужно использовать низкоуровневые средства, поэтому неудивительно, что это нигде не было сделано правильно. В результате возникали сбои, когда процедура PL вызывала `COMMIT` и в это время возникала ошибка (например, из-за отложенной проверки-ограничения). Чтобы улучшить ситуацию, теперь `SPI_commit()` по определению начинает новую транзакцию, то есть работает так же, как `SPI_commit_and_chain()`, но новая транзакция имеет характеристики по умолчанию, а не характеристики предыдущей транзакции. Чтобы это изменение было прозрачным с точки зрения API, функция `SPI_start_transaction()` сохранена, но теперь не делает ничего. Везде, где в существующем коде вызывается функция `SPI_commit()`, за ней сразу вызывается `SPI_start_transaction()`, поэтому данное изменение там никак не проявится. Подобные замечания применимы и к `SPI_rollback()`.

  Также исправления внесены в реализацию PL/Python, в которой такие ошибки вообще не обрабатывались, что приводило к выходу из интерпретатора Python. Поступали сообщения о том, что это вызывало падение Python 3.11. В предыдущих версиях Python проблемы ограничивались утечкой памяти.
- Удаление в libpq ненужной проверки владельца файла SSL-ключа (Том Лейн)

  В предыдущих корректирующих выпусках мы скопировали правила проверки разрешений для файла закрытого ключа SSL, принятые на стороне сервера, в libpq. Однако проверку владения этого файла копировать не следовало. Хотя она работала в обычных ситуациях, она мешала запустить клиентское приложение от имени root, и, возможно, в других случаях.
- Обеспечение вывода вменяемого сообщения при потере подключения к серверу в ecpg (Том Лейн)

  Вследствие неправильной обработки ошибки, сформированной libpq, например при потере подключения, вместо полезного сообщения могла выдаваться строка «(null)», а в старых версиях мог произойти сбой.
- Предотвращение аварийного сбоя в ecpglib при выполнении операций не в ожидаемом порядке (Том Лейн)

  Если определённые операции, например `EXEC SQL PREPARE`, выполнялись до установления подключения к базе данных, мог произойти сбой (вместо ошибки, как можно было ожидать).
- Исключение лишних вызовов `newlocale()` в ecpglib (Ной Миш)

  Раньше объекты локали C создавались и освобождались для каждого запроса, теперь же объект локали выделяется один раз для каждого процесса при первом подключении. Это устраняет утечку памяти libc в AIX и может несколько повысить общую производительность.
- Добавление в psql перевода строки после прерывания команды `\watch` сигналом Control-C (Павел Стехуле)

  Теперь libedit (а возможно и libreadline) будет точно знать, в каком столбце находится курсор.
- Исправление диагностики ошибок после сбоя `clone()` при запуске pg_upgrade с ключом `--clone` (Джастин Призби)
- Устранение найденных в `contrib/pg_stat_statements` проблем с очень большими файлами текстов запросов на 32-битных платформах (Том Лейн)
- Обеспечение в `contrib/postgres_fdw` передачи констант типов `regconfig` и `reg*` с правильной схемой (Том Лейн)
- Блокировка сигналов во время выделения динамической общей памяти в Linux (Томас Манро)

Это изменение позволяет избежать проблем при прерывании сигналом функции `posix_fallocate()`.

- Исправление обработки неожиданных ошибок `EEXIST`, выдаваемых функцией `shm_open()` (Томас Манро)

  Это предотвращает возможный сбой в Solaris.

- Корректировка теста PL/Perl для обеспечения совместимости с Perl 5.36 (Дагфинн Ильмари Маннсакер)

- Недопущение ошибочного использования устаревшей библиотеки libldap_r в случае, когда при сборке PostgreSQL обнаруживается несколько инсталляций OpenLDAP (Том Лейн)

E.16. Выпуск 13.7

Дата выпуска: 2022-05-12

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.6. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.16.1. Миграция на версию 13.7

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если у вас есть индексы GiST по столбцам типа `ltree` (предоставляемым расширением `contrib/ltree`), их нужно переиндексировать после обновления. Об этом рассказывается во втором пункте списка изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.6, см. также Раздел E.17.

E.16.2. Изменения

- Расширение множества операций, выполняемых в «песочнице» как операции с ограничениями по безопасности (Сергей Шиндерук, Ной Миш)

  В коде автоочистки, `CLUSTER`, `CREATE INDEX`, `REINDEX`, `REFRESH MATERIALIZED VIEW` и pg_amcheck защитный механизм, обеспечивающий безопасное выполнение операции, включался слишком поздно или не включался вовсе при некоторых условиях. Пользователь, имеющий права для создания невременных объектов в базе данных, мог создать такой объект, который позволил бы выполнить произвольный SQL-код с правами суперпользователя при следующей обработке этого объекта процессом автоочистки или одной из перечисленных команд, запущенной суперпользователем.

  Проект PostgreSQL благодарит Александра Лахина за сообщение об этой проблеме. (CVE-2022-1552)

- Исправление длины сигнатуры по умолчанию для индексов `gist_ltree_ops` (Томаш Вондра, Александр Коротков)

  Длина сигнатуры по умолчанию (размер хеша) для индексов GiST по столбцам `ltree` была непредусмотрительно изменена при добавлении поддержки параметров класса в этот класс операторов. Если с таким индексом производились какие-либо операции до того, как расширение `ltree` было обновлено до версии 1.2, они выполнялись в предположении, что сигнатура имеет длину 28 байт, а не 8 (как было на самом деле). Это значит, что в результате такие индексы, скорее всего, были повреждены. Мы рекомендуем на всякий случай перестроить все индексы GiST по столбцам `ltree` после установки этого обновления. (Заметьте, что индексы GiST по столбцам `ltree[]`, то есть по массивам значений `ltree`, этой проблеме не подвержены.)

- Прекращение обработки заданных в запросе псевдонимов столбцов в переменных «вся строка», ссылающихся на простые таблицы (Том Лейн)

Столбцы в кортежах, образованных переменными «вся строка» (например, `tbl.*` во всех контекстах, кроме верхнего уровня списка `SELECT`), теперь всегда получают имена от соответствующего составного типа, если он имеется. Ранее мы пытались отслеживать все псевдонимы столбцов, заданные в элементе `FROM`, на который ссылается переменная. Но это сомнительно с точки зрения семантики, так как содержимое переменной при этом фактически вообще не соответствует составному типу, который она в принципе должна представлять. Предыдущие попытки устранить эту несогласованность имели плохие последствия, вплоть до сохранения нечитаемых данных на диске, поэтому было решено отказаться от этой идеи.

В случаях, когда требуется переименовать такие столбцы, это можно сделать, добавив дополнительный уровень вложенности `SELECT`, чтобы переменная «вся строка» ссылалась на результат внутреннего `SELECT`, а не на исходную таблицу. Тогда переменная типа `record` будет получена из неё, что даст желаемый результат.

- Исправление некорректного вывода для типов `timestamptz` и `timetz` в `table_to_xmlschema()` и родственных функциях (Ренан Соарес Лопес)

  Выводимая xml-схема для этих типов включала неправильные регулярные выражения.

- Предотвращение аварийного сбоя в анализаторе при обработке предложения `VALUES` с нулём столбцов (Том Лейн)
- Исправление ошибок планировщика при обработке конструкций `GROUPING()`, обращающихся к внешним уровням запроса (Ричард Гуо, Том Лейн)
- Исправление построения плана со сканированием только индекса, в случаях, когда индексы содержат и возвращаемые, и невозвращаемые столбцы (Том Лейн)

  Предыдущая реализация могла попытаться выдать в дополнение к возвращаемым столбцам невозвращаемые, что по большому счёту было безвредно, так как выдаваемые фиктивные значения фактически никуда не попадали. Однако после недавнего добавления проверки, отвергающей такой план, это стало неприемлемым.

- Недопущение обращения к разделяемому буферу, с которого было снято закрепление, при попытке заблокировать устаревший кортеж при выполнении EvalPlanQual (Том Лейн)

  Ранее код обращался к буферу ещё пару раз после снятия закрепления. Теоретически другой процесс мог перезаписать буфер (или, что более вероятно, попытаться дефрагментировать в нём свободное место), как только буфер освобождался, что могло помешать найти в нём новую версию кортежа.

- Ликвидация утечки памяти на протяжении запроса в узле IndexScan, производящем пересортировку (Александр Каленик)
- Обеспечение в `ALTER FUNCTION` поддержки изменения в одной команде и свойства параллельности функции, и списка назначаемых для неё переменных (Том Лейн)

  Ранее изменение свойства параллельности терялось, если в той же команде для функции менялось предложение `SET`.

- Устранение ложных сообщений об ошибке при попытке изменить системные столбцы таблиц (Том Лейн)

  Система должна просто сказать, что это нельзя делать, но иногда вместо этого выдавалось сообщение «no owned sequence found» (зависимая последовательность не найдена).

- Исправление ошибочной сортировки строк таблицы при выполнении `CLUSTER` по индексу, ведущим ключом которого является выражение (Питер Гейган, Томас Манро)

  Таблица перестраивалась с корректными данными, но порядок сортировки никак не соответствовал порядку индекса.

- Исключение риска взаимоблокировки при удалении секционированного индекса (Джимми Йи, Гаураб Дей, Том Лейн)

Теперь требующиеся блокировки таблиц и индексов будут устанавливаться в стандартном порядке (родители, затем потомки; таблицы, затем индексы). В предыдущей реализации DROP INDEX блокировки устанавливались по-другому, что могло привести к взаимоблокировке при одновременном выполнении запросов, устанавливающих блокировки в стандартном порядке.

- Устранение условий гонки между DROP TABLESPACE и процессом контрольных точек (Натан Боссарт)

  Процедура контрольной точки, выполняемая принудительно командой DROP TABLESPACE, иногда могла не удалить все ставшие ненужными файлы из каталога табличного пространства, вследствие чего выдавалась ошибка «tablespace is not empty» (табличное пространство не пусто).

- Исключение возможной проблемы при восстановлении после сбоя, которому предшествовало выполнение команды TRUNCATE, наложившееся на контрольную точку (Кётаро Хоригути, Хейкки Линнакангас, Роберт Хаас)

  Процедура TRUNCATE должна задерживать завершение контрольной точки, пока файл таблицы на диске не будет обрезан. В противном случае при воспроизведении журнала с этой контрольной точки в предположительно освобождённых страницах могут обнаружиться лишние данные, что может вызвать ошибку воспроизведения.

- Исправление небезопасного обращения к данным TOAST во время очистки временных объектов (Андрес Фройнд)

  Процедура удаления временных объектов при завершении серверного процесса могла прерываться ошибкой «FATAL: cannot fetch toast data without an active snapshot» (ВАЖНО: прочитать данные TOAST без активного снимка нельзя). Обычно это не было проблемой, так как при следующем использовании этой временной схемы она должна была очиститься успешно.

- Усовершенствование логики ожидания в RegisterSyncRequest (Томас Манро)

  В случаях, когда заканчивается место в очереди синхронных запросов для процесса контрольной точки (это вряд ли часто происходит на практике, но регулярно наблюдается при тестировании с очень маленьким пулом буферов), приходится ждать освобождения очереди. В таких ситуациях нужно сообщать о событии ожидания, чтобы пользователям было понятно, что происходит, а также проверять, не отключился ли postmaster, так как иначе цикл никогда не закончится, если процесс контрольной точки уже завершился.

- Устранение сбоя с сообщением «PANIC: xlog flush request is not satisfied» (ПАНИКА: запрос на сброс xlog не выполнен) при повышении ведомого сервера после того, как на нём была пропущена отсутствующая запись продолжения WAL (Сами Имсейх)

- Устранение возможности самоблокировки при обработке конфликта на сервере горячего резерва (Андрес Фройнд)

  При неудачном наложении событий процесс применения WAL мог зависнуть, ожидая, что какой-то другой процесс снимет блокировку буфера.

- Исправление некорректного определения родительского отношения для публикации изменений при логической репликации (Томаш Вондра, Хоу Чжицзе, Амит Капила)

  В случае, когда использовался режим publish_via_partition_root и у отношения, куда вносились изменения, в нескольких различных публикациях оказывались разные родительские отношения, для передачи изменения могло быть выбрано неправильное отношение.

- Обеспечение возможности перезапуска рабочих процессов применения логической репликации даже при достижении предела max_sync_workers_per_subscription (Амит Капила)

  Вследствие ошибки в коде проверки этого предела перезапущенный рабочий процесс сразу же завершался, и в результате рабочих процессов оказывалось меньше, чем их должно было быть.

- Внесение в WAL значений столбцов, образующих ключ идентификации реплики, которые не были изменены при изменении строки, но хранятся вне кортежа (Дилип Кумар, Амит Капила)

  Если значения таких столбцов не записывать в WAL, подписчики не смогут получить их и не смогут реплицировать изменение.

- Исправление поведения на платформах, которые не поддерживают изменение информации о процессе в ps(1) (Эндрю Дунстан)

  Таких платформ немного (среди поддерживаемых всего одна — Cygwin), поэтому мы умудрились не заметить, как в процессе рефакторинга получился код, способный испортить память.

- Недопущение выполнения функций SPI во время компиляции функции на PL/Perl (Том Лейн)

  Perl позволяет выполнять определённый пользователем код во время компиляции функции на PL/Perl. Однако такому коду нельзя позволять выполнять операции SQL через SPI. В противном случае либо произойдёт сбой, либо возникнет угроза безопасности, так как мы на самом деле не ожидаем, что код будет выполняться во время проверки функции. Теперь во избежание этого добавлена проверка с понятным сообщением об ошибке.

- Обеспечение в libpq возможности принимать файлы закрытых ключей SSL, принадлежащие root (Дэвид Стил)

  Это изменение уравнивает действующие в libpq правила безопасного владения и разрешений для файлов ключей SSL с правилами, принятыми на стороне сервера, начиная с версии 9.6. А именно, к текущим правилам добавлен случай, когда файлом ключа владеет root и для этого файла заданы разрешения `rw-r-----` или более строгие. Это облегчает управление файлами ключей на уровне системы.

- Исправление поведения функции libpq `PQisBusy()` после ошибки подключения (Том Лейн)

  Ранее в случае возникновения ошибки записи `PQisBusy()` всегда возвращала true, что некорректно: мы хотим, чтобы чтение производилось в обычном режиме, пока от сервера не будут получены все передаваемые им данные. На практике этот дефект проявлялся в том, что приложения, использующие API асинхронных запросов libpq, обычно обнаруживали потерю подключения, только когда функция `PQconsumeInput()` сообщала о проблеме. После данного исправления о потере соединения будет сигнализировать ошибка в объекте `PGresult`, что позволяет обрабатывать это состояние в приложениях более аккуратно.

- Добавление в pg_ctl перепроверки существования процесса postmaster во время ожидания действий stop/restart/promote (Том Лейн)

  Ранее утилита pg_ctl проверяла, работает ли postmaster, попутно с тем, как передавала ему сигнал stop или promote, но затем она просто наивно ждала, пока не изменится состояние на диске. Если процесс postmaster завершался нештатно, не удалив свой файл PID или не отразив состояние в управляющем файле, ожидание pg_ctl завершалось только по тайм-ауту. Теперь pg_ctl будет постоянно перепроверять, не исчез ли процесс postmaster.

- Исправление обработки ошибок в pg_waldump (Кётаро Хоригути, Андрес Фройнд)

  При попытке прочитать файл WAL, чтобы определить размер сегмента WAL, утилита pg_waldump ранее выдавала некорректную ошибку, если файл был слишком мал. Кроме того, вместо имени файла в этом и связанных сообщениях об ошибке мог выводиться мусор.

- Обеспечение в функциях модуля `contrib/pageinspect` корректной обработки полностью нулевых страниц (Микаэль Пакье)

  Такие страницы нетипичны, но вполне легитимны, однако этот модуль не умел их обрабатывать. Теперь функции модуля, получив такую страницу, возвращают NULL или пустой набор строк, что видится более полезным поведением, чем выдавать ошибку.

- Добавление в `contrib/pageinspect` защиты от некорректного содержимого «специальной области» страниц, усиление проверок размера страниц и добавление недостающих проверок соответствия типа индекса ожидаемому (Микаэль Пакье, Джастин Призби, Жюльен Руо)

После этих изменений вызвать падение модуля, передав ему плохие данные, будет не так просто.

- Добавление в `contrib/postgres_fdw` проверки возможности безопасного удалённого выполнения предложения `ORDER BY` до передачи запроса с удалённой сортировкой, а также дополнение этого предложения указанием `USING`, когда оно необходимо (Ронан Данклау)

  До этого удалённый сервер мог выполнять сортировку не в том порядке, в котором ожидалось. Хотя в каких-то случаях это не имело большого значения, в других могли выдаваться совершенно неверные результаты, если удалённые данные поступали на вход локальной процедуре соединения слиянием.
- Обновление кода JIT для совместимости с LLVM 14 (Томас Манро)
- Устранение разнообразных дефектов, выявленных проверками clang `-fsanitize=undefined` (Том Лейн, Андрес Фройнд, Чжихун Юй)

  Большинство дефектов исправлено только ради формального соответствия букве языка C и стандартов POSIX, вряд ли они могли как-то проявляться в производственных сборках.
- Внесение исправлений в код PL/Perl, чтобы он собирался компиляторами C, не поддерживающими вложение операторов в выражения (Том Лейн)

- Устранение потенциальной ошибки сборки pg_dumpall в Windows при использовании для сборки не MSVC (Андрес Фройнд)
- Смена применяемой в сборках для Windows программы, создающей файлы DEF, с pexports на gendef (Эндрю Дунстан)

  Таким образом обеспечена совместимость процесса сборки с последней версией инструментария MSys.
- Предотвращение дополнительного разворачивания шаблонов оболочки в программах, собираемых в MinGW (Эндрю Дунстан)

  По какой-то причине библиотека C, представленная в MinGW, по умолчанию разворачивает символы подстановки, полученные в командной строке программы. Такое поведение вызывает вопросы, как минимум потому что с библиотекой MSVC этого не происходит, поэтому оно отключено.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2022a, включающее изменение правил перехода на летнее время в Палестине, а также корректировку исторических данных для Чили и Украины.

E.17. Выпуск 13.6

Дата выпуска: 2022-02-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.5. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.17.1. Миграция на версию 13.6

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы выполняли операцию `REINDEX CONCURRENTLY` с индексами TOAST-таблиц или наблюдаете ошибки при обращении к данным TOAST, обратите внимание на первый пункт в списке изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.5, см. также Раздел E.18.

E.17.2. Изменения

- Реализация стандартного протокола блокировок при изменении данных в таблицах TOAST для предотвращения проблем при `REINDEX CONCURRENTLY` (Микаэль Пакье)

При обработке TOAST-таблицы или индекса TOAST-таблицы операция `REINDEX CONCURRENTLY` могла повредить индекс. Причиной тому было то, что сеансы, изменяющие записи TOAST, освобождали свои блокировки `ROW EXCLUSIVE` немедленно, а не удерживали их до фиксации транзакции, как происходит при любых других изменениях. Теперь код изменения TOAST будет удерживать блокировки таблицы по обычным правилам. Все существующие повреждённые индексы можно исправить, перестроив их.

- Исключение обращения по нулевому указателю при выполнении `ALTER STATISTICS` в случае одновременного удаления объекта статистики (Томаш Вондра)
- Устранение ошибки при построении плана для узлов Append с параллельным выполнением, но с единственным потомком (Дэвид Роули)

  В некоторых случаях узел Append мог пропасть из-за ошибочной оптимизации, вследствие чего выдавались неправильные результаты запросов (дублирующиеся строки).
- Исправление планов сканирования только индекса, работавших некорректно, когда могут быть извлечены не все столбцы индекса (Том Лейн)

  В случае, когда индекс содержит и извлекаемые, и неизвлекаемые столбцы, и один из неизвлекаемых столбцов — выражение, использующее столбец из числа извлекаемых из индекса, для запроса, использующего этот индекс, мог быть построен план со сканированием только индекса, рассчитывающий прочитать неизвлекаемый столбец, вместо того, чтобы вычислить выражение, используя значение извлекаемого столбца. Вследствие этой ошибки неизвлекаемый столбец получал значение NULL, и результаты запроса могли оказаться некорректными.
- Представление операции приведения к типу с неопределённым идентификатором в виде узла RelabelType вместо вызова функции с приведением длины (Том Лейн)

  Хотя и функция приведения должна сделать всё правильно (не делать ничего), её вызов неэффективен и потому нежелателен.
- Исправление проверки совпадения типов из семейства `anycompatible` (Том Лейн)

  В некоторых случаях при разборе запроса функция или оператор с полиморфными параметрами из семейства `anycompatible` могли быть сопоставлены с набором аргументов, который на самом деле им не соответствует. Поступали сообщения о случаях, когда вызову сопоставлялось несколько операторов и выдавалась ошибка с сообщением о неоднозначности, но возможны и другие последствия.
- Исправление сбоя при воспроизведении WAL в случае, когда состояние согласованности достигается точно на границе страницы WAL (Альваро Эррера)
- Исправление запуска физической репликации в ситуации, когда произошло зацикливание идентификаторов транзакций (Абхиджит Менон-Сен, Томаш Вондра)

  При запуске реплицирующего сервера в момент, когда последовательность активных транзакций на ведущем пересекает границу зацикливания транзакций (так что у некоторых последних транзакций значения XID оказываются меньше, чем у предшествующих), процесс репликации прерывался с ошибкой «out-of-order XID insertion in KnownAssignedXids» (нарушение порядка при добавлении XID в KnownAssignedXids). Затем процесс репликации перезапускался, но не мог продвинуться дальше этой ошибки.
- Исключение двойной передачи данных дочерней таблицы при логической репликации (Хоу Чжицзе)

  Если публикация включает и дочернюю, и родительскую таблицу, при этом для публикации установлено свойство `publish_via_partition_root`, подписчики напрасно проводили синхронизацию обеих таблиц. Теперь в таких случаях будет синхронизироваться только родительская таблица.
- Устранение лексических ограничений для SQL-команд, выполняемых через подключение логической репликации (Том Лейн)

Процесс walsender выдавал ошибку при передаче SQL-команд: содержащих точку с запятой без кавычек; содержащих константы в долларах с нечётным количеством апострофов или кавычек; начинающихся с комментария. Более того, в результате дефектной обработки ошибок и последующие команды могли не выполняться из-за неожиданных ошибок.

- Предотвращение потери времени фиксирования последней подтранзакции для транзакции (Алекс Кингсборо, Кётаро Хоригути)
- Обеспечение синхронизации с ФС (`fsync`) подкаталога `pg_logical/mappings` во время контрольных точек (Натан Боссарт)

  В некоторых файловых системах из-за отсутствия синхронизации файлы состояния логической перезаписи могли потеряться при сбое системы.

- Построение расширенной статистики для секционированных таблиц (Джастин Призби)

  С предшествующим исправлением было намеренно отключено построение статистики для деревьев наследования в старом стиле, но при этом также были затронуты секционированные таблицы, хотя для них такое ограничение необоснованно. В результате данного исправления операция `ANALYZE` сможет вычислять значения для объектов статистики, относящихся к секционированным таблицам. (Но учтите, что при автоочистке секционированные таблицы таким образом не обрабатываются, поэтому вы должны периодически производить `ANALYZE` с секционированной таблицей вручную, если вам нужна эта статистика в актуальном состоянии.)

- Исключение расширенной статистики из рассмотрения при обработке деревьев наследования (Джастин Призби)

  В настоящее время значения расширенной статистики вычисляются только для отдельных таблиц, а не для деревьев наследования целиком. Однако эти значения ошибочно учитывались при планировании запросов, обращающихся к деревьям наследования, в результате чего могли получаться оценки хуже, чем оценки по умолчанию.

- Недопущение изменения типа столбцов секционированной таблицы в случае, когда тип кортежа таблицы используется где-то ещё как составной тип (Том Лейн)

  Соответствующее ограничение давно существовало для обычных таблиц, но для секционированных таблиц нужная проверка отсутствовала.

- Недопущение операции `ALTER TABLE ... DROP NOT NULL` со столбцом, включённым в индекс, который используется для идентификации реплики (Хайин Тан, Хоу Чжицзе)

  Тот же запрет существовал ранее для индексов первичных ключей.

- Обеспечение корректного обновления кешируемого состояния таблицы при `ALTER TABLE ADD PRIMARY KEY USING INDEX` (Хоу Чжицзе)

  В одновременно выполняющихся сеансах могли оказываться разные представления о том, имеется ли в таблице первичный ключ, что могло нарушить работу логической репликации.

- Обеспечение корректного обновления кешируемого состояния таблицы при переключении индекса, используемого для идентификации реплики (Хайин Тан, Хоу Чжицзе)

  В одновременно выполняющихся сеансах могли оказываться разные представления о том, какой индекс идентифицирует реплику, что могло нарушить работу логической репликации.

- Исключение параллельных операций очистки и построения индексов из рассмотрения при вычислении старейшего значения xmin (Масахико Савада)

  Подобные операции, выполняющиеся не параллельно, игнорировались и ранее, но эта логика не работала в случае параллельного выполнения. Как следствие, горизонт xmin не сдвигался, а это нежелательно, так как, в частности, мешает очистке.

- Устранение утечек памяти при выполнении операций `REASSIGN OWNED BY`, меняющих владельца для множества объектов (Джастин Призби)

- Увеличение производительности процессов walsender, передающих логические изменения, за счёт оптимизации обращений к кешу (Хоу Чжицзе)
- Исправление отображения параметров для метода аутентификации `cert` в представлении `pg_hba_file_rules` (Магнус Хагандер)

  Метод аутентификации `cert` подразумевает параметр `clientcert=verify-full`, но в представлении `pg_hba_file_rules` выводилось `clientcert=verify-ca`.
- Исправление представления переменных, указывающих на всю строку, в правилах `INSERT ... VALUES` (Том Лейн)

  Переменная, указывающая на строку, представлялась в виде «var.*», но при перезагрузке правила эта запись могла развернуться в список отдельных столбцов, что меняло её семантику. Во избежание этого запись переменной дополнена явным приведением, как это сделано в остальных местах.
- Устранение выхода за границы буфера на один байт при выполнении нормализации Unicode для пустой строки (Микаэль Пакье)

  На практике последствия этой ошибки были ограничены благодаря выравниванию, но в отладочных сборках выдавалось предупреждение.
- Исправление и удаление ряда некорректных проверочных утверждений (Саймон Риггс, Микаэль Пакье, Александр Лахин)

  Устранённые недочёты проявлялись только в отладочных сборках.
- Устранение условий гонки, в которых не получалось локализовать сообщения об ошибках, выдаваемые на ранних этапах использования libpq или ecpglib в многопоточном режиме (Том Лейн)
- Ликвидация вызова `strerror` в функции libpq `PQcancel` (Том Лейн)

  Функция `PQcancel` должна быть безопасной для вызова из обработчика сигнала, но использованная в ней функция `strerror` безопасной не является. Такое небезопасное использование могло иметь последствия только в маловероятном случае ошибки при передаче сообщения отмены серверу, что может объяснить отсутствие жалоб на эту проблему со стороны пользователей.
- Выбор для команды psql `\password` в качестве целевого пользователя по умолчанию пользователя `CURRENT_USER`, а не пользователя, изначально установившего подключение (Том Лейн)

  Это соответствует документированному поведению и позволяет исключить проблему отсутствия прав в случае выполнения `SET ROLE` или `SET SESSION AUTHORIZATION` после установления подключения. Во избежание путаницы теперь в приглашении для смены пароля выводится имя целевого пользователя.
- Исправление в запросе, реализующем в psql команду `\d`, вывода унаследованных от родителя триггеров (Джастин Призби)

  Ранее в случае, когда в таблице-секции имелись триггеры и при этом одноимённые несвязанные триггеры уровня операторов имелись и в родительской таблице этой секции, выдавалась ошибка «more than one row returned by a subquery used as an expression» (подзапрос в выражении вернул больше одной строки).
- Исправление в psql дополнения табуляцией для меток значений, относящихся к перечислениям (Том Лейн)
- Недопущение вызова `gettext()` в обработчиках сигнала Control-C в psql и некоторых других клиентских программах (Том Лейн)

  Хотя с мест не поступали сообщения о связанных с этим проблемах, очень маловероятно, что такие вызовы безопасны.

- Предоставление возможности отменить начальный запрос пароля в pg_receivewal и pg_recvlogical (Том Лейн, Натан Боссарт)

  Ранее эти программы нельзя было прервать сигналом Control-C, когда они запрашивали пароль.

- Исправление в pg_dump порядка выгрузки определённых пользователем приведений (Том Лейн)

  В редких случаях в выводимом скрипте команда, задействующая пользовательское приведение, могла оказаться перед командой, его создающей.

- Исправление в режимах pg_dump `--inserts` и `--column-inserts` обработки таблиц, содержащих одновременно и генерируемые, и удалённые столбцы (Том Лейн)
- Исправление диагностики и обработки ошибок в pg_dump и pg_basebackup (Том Лейн)

  Прежняя реализация не контролировала ошибки после вызовов ядра в одних случаях и могла выдавать неправильные значения errno в других.

- Корректировка результатов сканирования только индекса при использовании индексов `contrib/btree_gist`, построенных по столбцам `char(N)` (Том Лейн)

  Ранее при сканировании только индекса значения столбцов выдавались без конечных пробелов, что не является ожидаемым поведением, но именно так данные хранились в этих индексах. В результате исправления код будет сохранять значения `char(N)` с нужным количеством дополняющих пробелов. Поведение такого индекса не изменится сразу само, если вы не переиндексируете его, однако и без переиндексации значения без конечных пробелов постепенно заменятся полными в процессе изменения данных. На запросы, в которых не использовались планы со сканированием только индекса, это не влияет в любом случае.

- Смена используемого в configure модуля Python, помогающего определить параметры сборки PL/Python, с устаревшего distutils на sysconfig (Питер Эйзентраут, Том Лейн, Андрес Фройнд)

  Благодаря этому, теперь с Python 3.10 при выполнении configure не выдаются предупреждения о том, что модуль distutils устарел и его планируется удалить в Python 3.12. С выходом 3.12 прежняя реализация configure --with-python предположительно просто не будет работать. Эта подготовка к будущему имеет и обратную сторону: модуль sysconfig появился только в Python 2.7 и в Python 3.2 (в линейке Python 3), поэтому теперь собрать PL/Python с очень старыми версиями Python будет невозможно.

- Устранение проблемы компиляции PL/Perl в Windows при использовании Perl 5.28 и новее (Виктор Вагнер)
- Устранение проблемы компиляции PL/Python при использовании Python 3.11 и новее (Питер Эйзентраут)
- Обеспечение поддержки компиляции с использованием Visual Studio 2022 (Ханс Бушман)
- Реализация возможности вызывать скрипты-обёртки `.bat` в нашей сборочной среде MSVC, не переходя в содержащий их каталог (Антон Волошин, Эндрю Дунстан)

E.18. Выпуск 13.5

Дата выпуска: 2021-11-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.4. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.18.1. Миграция на версию 13.5

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако учтите, что в инсталляциях, где используется физическая репликация, сначала надо обновлять резервные серверы, а затем главный, как описано ниже в третьем пункте списка изменений.

Кроме того, было обнаружено несколько ошибок, которые приводили к повреждениям индексов, что освещено в следующих нескольких пунктах списка изменений. Если какие-либо из описанных проблем могут касаться вас, после обновления рекомендуется перестроить возможно повреждённые индексы.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.2, см. также Раздел E.21.

E.18.2. Изменения

- Недопущение обработки сервером посторонних данных после сообщений установления шифрования SSL или GSS (Том Лейн)

  Злоумышленник, имеющий возможность внедрять данные в TCP-соединение, мог вставить некоторый объём незашифрованных данных в начале сеанса, который считался зашифрованным. Эксплуатируя это, можно было передавать серверу подставные команды, хотя это могло сработать, только если сервер не запрашивал никакие данные для аутентификации. (Однако опасность существовала и в случае, когда сервер осуществлял аутентификацию по сертификату.)

  Проект PostgreSQL благодарит Джейкоба Чемпиона за сообщение об этой проблеме. (CVE-2021-23214)

- Недопущение обработки библиотекой libpq посторонних данных после сообщений установления шифрования SSL или GSS (Том Лейн)

  Злоумышленник, имеющий возможность внедрять данные в TCP-соединение, мог вставить некоторый объём незашифрованных данных в начале сеанса, который считался зашифрованным. Эксплуатируя это, можно было передать поддельные ответы на несколько первых запросов сервера, хотя ввиду других особенностей поведения libpq реализовать это на практике было не так просто. Была возможна и другая линия атаки — перехват пароля клиента или других секретных данных, которые могли передаваться в сеансе ранее. Возможность таких атак была продемонстрирована с сервером, подверженным уязвимости CVE-2021-23214.

  Проект PostgreSQL благодарит Джейкоба Чемпиона за сообщение об этой проблеме. (CVE-2021-23222)

- Исправление работы физической репликации в случаях нештатной остановки главного сервера после передачи сегмента WAL с неполной записью WAL (Альваро Эррера)

  Если главный сервер отключался, не успев завершить сохранение окончания неполной записи WAL, прежний алгоритм восстановления после сбоя приводил к тому, что WAL перезаписывался с начала неполной записи. Это представляло проблему, так как резервные серверы могли уже получить копии этого сегмента WAL. Затем они получали не согласующийся с ним следующий сегмент, и не могли продолжить работу без ручного вмешательства. Для решения этой проблемы теперь в ходе восстановления при перезапуске не будет допускаться пересечение границы сегмента WAL. Вместо этого в начало следующего сегмента WAL будет записываться запись нового типа, сообщающая получателям о том, что неполная запись WAL не будет завершена никогда и должна быть отброшена.

  Установку данного обновления рекомендуется начинать с резервных серверов, чтобы в случае сбоя главного они были готовы обработать новый тип записи WAL, а затем обновлять главный.

- Исправление в `CREATE INDEX CONCURRENTLY` ожидания последних подготовленных транзакций (Андрей Бородин)

  Строки, добавленные только что подготовленными транзакциями, могли не попасть в новый индекс, вследствие чего запросы, полагающиеся на этот индекс, могли пропускать их. Предыдущее исправление проблем такого рода не учитывало, что команды `PREPARE TRANSACTION` могли ещё выполняться в тот момент, когда команда `CREATE INDEX CONCURRENTLY` проверяла их. Как и ранее, в инсталляциях, где включены подготовленные транзакции (`max_prepared_transactions` > 0), рекомендуется переиндексировать все индексы, построенные неблокирующим способом, на случай, если при их построении возникла подобная ситуация.

- Исключение условий гонки, в которых обслуживающие процессы могли не добавить записи для новых строк в индекс, создаваемый неблокирующим способом (Ной Миш, Андрей Бородин)

  Хотя на практике такие условия представляются маловероятными, эта проблема могла затронуть любой индекс, создаваемый или перестраиваемый с указанием `CONCURRENTLY`. Все такие индексы рекомендуется перестроить, чтобы они в любом случае стали корректными.

- Исправление хеш-функций для типов `float4` и `float8`, чтобы они возвращали одинаковые результаты для значений NaN (Том Лейн)

  Так как в PostgreSQL значения NaN разных типов с плавающей точкой считаются равными, важно, чтобы и хеш-функции выдавали одинаковые хеши для всех комбинация битов, которые воспринимаются как NaN согласно стандарту IEEE 754. Раньше этого не происходило, вследствие чего хеш-индексы и планы запросов, использующие хеши, могли выдавать неправильные результаты для неканонических представлений NaN. (Подобное значение на большинстве машин можно было получить, записав `'-NaN'::float8`.) Поэтому сейчас рекомендуется переиндексировать хеш-индексы, построенные по столбцам с числами с плавающей точкой, если в них могли оказаться такие значения.

- Обеспечение в реализации `REINDEX CONCURRENTLY` сохранения параметров класса операторов, связанных с целевым индексом (Микаэль Пакье)

- Предотвращение потери данных в процессе восстановления после сбоя, произошедшего после выполнения `CREATE TABLESPACE`, при значении `wal_level` = `minimal` (Ной Миш)

  Если в промежутке между выполнением `CREATE TABLESPACE` и следующей контрольной точкой происходил сбой сервера, в ходе восстановления полностью удалялось содержимое каталога нового табличного пространства в расчёте на то, что при последующем воспроизведении WAL будет восстановлено всё в этом каталоге. Однако это плохо работает с оптимизациями, которые пропускают запись WAL (например, когда команда `COPY` записывает данные в создаваемую ей же таблицу). Такие оптимизации применяются, только если для `wal_level` установлено значение `minimal` (которое не является значением по умолчанию, начиная с 10 версии).

- Обеспечение аннулирования кеша отношений для таблицы, присоединяемой к секционированной таблице или отсоединяемой (Амит Ланготе, Альваро Эррера)

  В результате допущенного упущения последующие операции добавления/изменения, обращённые непосредственно к этой секции, могли выполняться некорректно, но только в рамках уже существующих сеансов.

- Обеспечение аннулирования кеша отношений для всех секций секционированной таблицы, добавляемой или удаляемой из публикации (Хоу Чжицзе, Вигнеш Си)

  В результате упущения репликация могла работать некорректно до завершения всех сеансов, существовавших на момент операции.

- Обеспечение аннулирования кеша отношений для всех секций секционированной таблицы, добавляемой или удаляемой из публикации `FOR ALL TABLES` (Хоу Чжицзе, Вигнеш Си)

  В результате упущения репликация могла работать некорректно до завершения всех сеансов, существовавших на момент операции.

- Сохранение операции приведения к тому же типу в случае отсутствия модификатора типа (Том Лейн)

Например, для столбца `f1` типа `numeric(18,3)` анализатор запроса просто отбрасывал приведение вида `f1::numeric`, полагая, что оно никак не влияет на выполнение запроса. Это так, но итоговым типом выражения всё же должен считаться простой `numeric`, а не `numeric(18,3)`. Это важно для правильного разрешения типов во внешних конструкциях, например в рекурсивных `UNION`.

- Исправление изменения полей элементов в массивах доменных типов, созданных поверх составных (Том Лейн)

  Команда вида `UPDATE tab SET fld[1].subfld = val` работала некорректно, если элементами массива были значения не просто составного, а доменного типа.

- Запрещение использования `FETCH FIRST WITH TIES` в сочетании с `FOR UPDATE SKIP LOCKED` (Дэвид Кристенсен)

  Команда `FETCH FIRST WITH TIES` по необходимости считывает на одну строку больше, чем требуется, так как она может остановиться, только обнаружив строку, не равную предыдущей. В текущей реализации, когда используется режим `FOR UPDATE`, эта строка к тому же будет заблокирована, хотя и не будет выдана в результате. Вследствие этого с указанием `SKIP LOCKED` поведение было некорректным. Исправить это, не привнося другое странное поведение, сложно, поэтому такое сочетание на данный момент запрещено.

- Запрещение создания правил сортировки, использующих ICU, когда это не поддерживается кодировкой базы (Том Лейн)

  Ранее такое правило можно было создать, но его нельзя было использовать из-за особенностей поиска правил сортировки; мало того, его нельзя было и удалить.

- Запрещение команды `ALTER INDEX index ALTER COLUMN col SET (options)` (Натан Боссарт, Микаэль Пакье)

  Хотя анализатор запроса принимал такую команду, она не документирована и на самом деле не работала.

- Устранение потери точности в функции `power()` при передаче ей особых значений (Дин Рашид)

  Результат этой функции мог быть неточным, когда первый аргумент был примерно равен 1.

- Исключение ошибок в регулярных выражениях с захватом скобок внутри `{0}` (Том Лейн)

  При обработке выражений вида `(.){0}...\1` выдавалась ошибка «invalid backreference number» (неправильный номер обратной ссылки). Однако другие процессоры регулярных выражений, например Perl, воспринимают это, так же как некоторые подобные выражения воспринимает и наша реализация. Что хуже, вместо ошибки мог произойти сбой проверочного утверждения. После этого исправления такая ошибка выдаваться не будет, а обратная ссылка будет просто считаться не соответствующей ничему.

- Предотвращение некорректного установления соответствий для обратных ссылок в регулярных выражениях при некоторых условиях (Том Лейн)

  Ранее процессор регулярных выражений не заботился об очистке данных соответствия для захваченных скобок, отбрасывая частичное соответствие. В результате затем могло устанавливаться соответствие обратной ссылки там, где его не должно было быть из-за отсутствия определения ссылающегося элемента.

- Устранение ошибки, влияющей на производительность регулярных выражений с обратными ссылками внутри узлов итерации (Том Лейн)

  Из-за некорректной логики обработки обратных ссылок время поиска соответствия могло увеличиваться экспоненциально. К счастью, эта проблема в большинстве случаев сглаживалась другими оптимизациями.

- Исправление результатов выражения `AT TIME ZONE`, применённого к значению типа `time with time zone` (Том Лейн)

  Если целевой часовой пояс задавался динамическим сокращённым обозначением (то есть обозначением, равнозначным полному названию часового пояса, а не фиксированным смещением от UTC), результаты такого выражения были некорректными.

- Ликвидация ошибки планировщика, связанной с поднятием выражений из подзапросов в список отношений функции (Том Лейн)

  Если функция в предложении `FROM` как последующая обращалась к результату некоторого предыдущего подзапроса `SELECT` в том же предложении `FROM` и содержимое вложенного `SELECT` включалось во внешний запрос, выражения, копируемые в аргументы функции, обрабатывались не полностью. Это могло привести к сбою при выполнении запроса.

- Исправление некорректного перевода переменных-местозаполнителей в дочерние отношения в иерархии наследования (Том Лейн)

  В результате ошибки могли происходить сбои проверочных утверждений либо строиться неправильные планы запросов, в которых в допускающей NULL стороне внешнего соединения оказывались секционированные или наследованные таблицы.

- Отказ от использования одной лишь статистики MCV для оценивания диапазона значений в столбце (Том Лейн)

  В некоторых особых случаях процедура `ANALYZE` строит список самых частых значений (MCV), но не строит гистограмму, хотя список MCV не даёт представления обо всех существующих значениях. В таких случаях планировщик не должен использовать только список MCV для оценивания диапазона значений в столбце.

- Исправление восстановления снимка портала внутри подтранзакции (Бертран Друво)

  В случаях, когда процедура фиксировала или откатывала транзакцию, а следующее её значимое действие выполнялось в новой подтранзакции, управление снимками работало неправильно, вследствие чего мог появиться потерянный указатель или произойти сбой. Типичный пример такой конструкции в PL/pgSQL выглядит как следующий сразу после команды `COMMIT` блок `BEGIN ... EXCEPTION`, выполняющий запрос.

- Обеспечение корректной очистки состояния при отмене транзакции после того, как был экспортирован её снимок (Дилип Кумар)

  Устранённая теперь ошибка могла создавать проблемы, только если тот же сеанс пытался ещё раз экспортировать снимок. Наиболее вероятный сценарий возникновения этой ошибки — создание слота репликации (за которым следует откат транзакции), а затем создание ещё одного слота репликации.

- Предотвращение зацикливания при отслеживании переполнения подтранзакций на ведомых серверах (Кётаро Хоригути, Александр Коротков)

  Следствием устранённого теперь дефекта могло быть значительное снижение производительности, которое проявлялось в излишнем трафике SubtransSLRU, на ведомых серверах.

- Обеспечение правильного учёта подготовленных транзакций во время повышения ведомого сервера (Микаэль Пакье, Андрес Фройнд)

  Ранее существовало небольшое окно, в котором подготовленные транзакции могли выпасть из снимка, создаваемого параллельно выполняющимся сеансом. Если данный снимок затем использовался в том сеансе для изменения данных, следствием ошибки могло быть повреждение данных или получение некорректных результатов.

- Запрещение использования `LISTEN` в фоновых рабочих процессах (Том Лейн)

  Необходимая для работы этой функциональности инфраструктура отсутствует, и если кто-то пытался её использовать, это только мешало очистке очереди `NOTIFY`.

- Организация передачи сигналов `NOTIFY` другим обслуживающим процессам во время фиксирования транзакции, а не в цикле простоя сервера (Артур Закиров, Том Лейн)

  Теперь уведомления могут доставляться немедленно после `COMMIT` внутри процедуры. Это позволяет осуществлять передачу уведомлений из рабочих процессов логической репликации.

- Запрещение перематывания курсора с пометкой `NO SCROLL` в случаях, когда он остаётся от предыдущей транзакции из-за указания `WITH HOLD` (Том Лейн)

  Мы давно запрещаем чтение назад из курсора с пометкой `NO SCROLL`, но по историческим причинам этот запрет не распространялся на случаи, в которых мы перематываем весь запрос и затем повторяем чтение вперёд. Это исключение создавало несогласованность, в частности для удерживаемых курсоров, в которых могут не сохраняться все данные, нужные для перематывания. Поэтому для недопущения худших вариантов несогласованности решено запретить перематывание непрокручиваемых удерживаемых курсоров. (В 15 версии это исключение будет устранено полностью.)

- Устранение возможности сбоя при сохранении курсора с пометкой `WITH HOLD` в конце транзакции, если он уже был прочитан до конца (Том Лейн)

- Исправление обнаружения ситуации, когда отношение достигает максимально допустимого размера (Том Лейн)

  Попытка расширить таблицу или индекс сверх предела в 2^32-1 блоков пресекалась и раньше, но с некоторым запозданием, так что успевала нарушиться согласованность внутреннего состояния.

- Корректировка отслеживания наличия CTE, изменяющих данные, при разворачивании правила `DO INSTEAD` (Грег Нанкарроу, Том Лейн)

  Из-за устранённого теперь упущения могли возникнуть проблемы, например, выбирались параллельные планы, когда это было небезопасно.

- Исправление формирования сообщения об ошибке, связанной с правами доступа к объектам расширенной статистики (Томаш Вондра)

  Ранее вместо нужного сообщения выдавалось «cache lookup error» (ошибка поиска в кеше).

- Исправление некорректной обработки снимков в параллельных исполнителях (Грег Нанкарроу)

  Из-за ошибки параллельные запросы могли работать неправильно на уровне изоляции транзакций ниже `REPEATABLE READ`.

- Обеспечение при логическом декодировании фильтрации изменений в TOAST-таблицах, связанных с переходными таблицами (Бертран Друво)

  При логическом декодировании обычно игнорируются изменения в переходных таблицах, например изменения, происходящие при перезаписи кучи командой `ALTER TABLE`. Но эта фильтрация не распространялась на связанную TOAST-таблицу, вследствие чего могли возникать ошибки при перезаписи публикуемой таблицы.

- Корректировка расчёта объёма памяти, используемой при логическом декодировании, в части обработки данных TOAST (Бертран Друво)

- Обеспечение создания процессами walreceiver всех требующихся файлов уведомлений архива перед выходом (Фудзии Масао)

  Если приёмник WAL завершал свою работу ровно на границе сегмента WAL, он не создавал файл уведомления для последнего полученного сегмента, вследствие чего архивирование этого сегмента на ведомом сервере откладывалось.

- Исправление вычисления диапазона WAL, который должен описываться в манифесте копии, в случае смены линии времени (Кётаро Хоригути)

- Исключение попыток блокирования псевдоотношений OLD и NEW в правиле, использующем SELECT FOR UPDATE (Масахико Савада, Том Лейн)
- Корректировка обработки агрегатных предложений FILTER в анализаторе запросов (Том Лейн)

  Если выражением FILTER являлась просто ссылка на логический столбец, семантический уровень агрегатной конструкции мог определяться неправильно, что приводило к поведению, не соответствующему стандарту. Если выражение FILTER само содержит агрегат, выдающий логическое значение, должна выдаваться ошибка, но этого не происходило, что было чревато сбоем во время выполнения.
- Установление корректного уровня блокировки при переименовании таблицы (Натан Боссарт, Альваро Эррера)

  По историческим причинам команду ALTER INDEX ... RENAME можно применять к отношениям любого вида. Уровень блокировки, требующийся для переименования индекса, ниже, чем уровень для таблицы или другого типа отношения, но реализация это не учитывала и всегда использовала низкий уровень, когда команда переименования отношения записывалась как ALTER INDEX.
- Предотвращение изменения членства в расширении командой ALTER TYPE/DOMAIN/OPERATOR ... SET (Том Лейн)

  Команды ALTER ... SET, выполняемые скриптом расширения, могли делать целевой объект членом расширения, который до этого к данному расширению не относился. Само по себе это не большая проблема, так как скрипт расширения в принципе не должен затрагивать объекты, не относящиеся к расширению. Но команда ALTER TYPE SET рекурсивно обрабатывает и зависимые домены, поэтому они также становились членами расширения. Это приводило к нежелательным последствиям при выполнении скриптов обновления, в которых такая команда изменяла свойства базового типа, принадлежащего расширению. Теперь команда ALTER в таких случаях никогда не будет менять членство в расширении.
- Предотвращение попытки очистить состояние LLVM после ошибки, возникшей внутри LLVM (Андрес Фройнд, Джастин Призби)

  Тем самым исключается возможность сбоя при выходе обслуживающего процесса после критичной ошибки LLVM.
- Исключение обращений по нулевому указателю, приводящим к сбою, при удалении роли, владеющей объектами, которые удаляются параллельно (Альваро Эррера)
- Устранение предупреждения «snapshot reference leak» (утечка ссылки на снимок) при ошибке в lo_export() или связанной функции (Хейкки Линнакангас)
- Исправление подсчёта операций сканирования индексов SP-GiST в статистических представлениях (Том Лейн)

  Увеличение счётчика «количество сканирований индекса» в коде SP-GiST не производилось из-за упущения, хотя счётчики кортежей увеличивались корректно.
- Исправление неэффективного кода обработки узлов CoerceToDomain (Ранье Вилела)
- Пересчёт соответствующих интервалов ожидания в случаях, когда параметр recovery_min_apply_delay меняется во время восстановления (Соумйадип Чакраборти, Ашвин Агравал)
- Устранение бесконечного цикла в случае добавления в хеш-таблицу в simplehash.h 2^32 элементов (Юрий Соколов)

  Вероятность столкнуться с этой ошибкой на практике невелика, так как для этого при существующем варианте использования simplehash.h потребуется задать в work_mem объём в сотни гигабайт.

- Предотвращение поведения O(N^2) в некоторых операциях изменения списков (Натан Боссарт, Том Лейн)

  Внесённые исправления ускоряют обработку в различных сценариях, в частности: когда ведомый сервер воспроизводит транзакцию, удерживающую много исключительных блокировок на ведущем; когда после контрольной точки требуется удалить множество файлов; когда при агрегировании по хешу задействуется много пакетов; когда `pg_trgm` извлекает индексируемые условия из сложного регулярного выражения. На самом деле с мест сообщили только о первом сценарии, но и в остальных неэффективное удаление элементов из списка может негативно сказаться на производительности.

- Уменьшение потребления памяти при вычислении расширенной статистики (Джастин Призби, Томаш Вондра)

- Добавление дополнительных проверок вокруг разделения списка идентификаторов B-дерева (Питер Гейган)

  Это изменение должно облегчить выявление повреждений индекса, связанных с дублированием TID.

- Недопущение для параметра `huge_pages` значения `on` при использовании `sysv` в качестве `shared_memory_type` (Томас Манро)

  Ранее это значение принималось, но никак не действовало ввиду отсутствия реализации.

- Предоставление функций libpq, отсутствовавших на платформе AIX (Тони Ре)

  На AIX из библиотеки libpq в результате реорганизации кода не экспортировались следующие документированные функции: `pg_encoding_to_char()`, `pg_utf_mblen()`, `pg_char_to_encoding()`, `pg_valid_server_encoding()` и `pg_valid_server_encoding_id()`. Теперь они снова стали видимыми.

- Исправление поведения ecpg при ошибке в `malloc()` в процессе установления соединения (Микаэль Пакье)

- Исправление ошибочного вычисления стабильных функций, вызываемых в аргументах оператора `CALL` языка PL/pgSQL (Том Лейн)

  Они вызывались с устаревшим снимком состояния, поэтому не могли видеть изменений, произошедших в базе после начала выполнения команды верхнего уровня в рамках сеанса.

- Реализация выхода из самого внешнего блока подпрограммы на PL/pgSQL при выполнении `EXIT` (Том Лейн)

  Если в подпрограмме не требуется явный оператор `RETURN`, такое использование `EXIT` должно быть возможным, но ранее оно не допускалось.

- Устранение в pg_ctl жёстких ограничений на общую длину формируемых команд (Фил Крылов)

  Тем самым, например, устраняется ограничение на количество параметров командной строки, которое может быть передано программе postmaster. Отдельные пути, с которыми имеет дело pg_ctl, например путь к исполняемому файлу postmaster или путь к каталогу данных, в большинстве случае по-прежнему ограничены размером `MAXPGPATH` байт.

- Исправление в pg_dump выгрузки прав по умолчанию, определяемых не глобально (Нейл Чен, Масахико Савада)

  Если глобальная (неограниченная) команда `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` отзывала какие-либо представляемые по умолчанию права, например право `EXECUTE` для функций, а затем ограниченная команда `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` возвращала эти права отдельной роли или схеме, программа pg_dump не могла выгрузить ограниченное назначение прав правильно.

- Установление в pg_dump разделяемых блокировок для секционированных таблиц, подлежащих выгрузке (Том Лейн)

Отсутствие блокировок обычно не имело негативных последствий, так как полученных программой pg_dump блокировок для конечных секций было достаточно, чтобы не допустить значимых DDL-операций с самой секционированной таблицей. Однако проблемы могли возникнуть при выгрузке секционированной таблицы, не имеющей потомков, так как в этом случае не устанавливались никакие блокировки.

- Увеличение производительности pg_dump за счёт исключения запросов политик RLS для каждой отдельной таблицы и устранения повторяющихся вызовов `format_type()` (Том Лейн)

  После этих изменений при выгрузке данных с локального сервера производительность увеличивается лишь незначительно, тогда как при работе с удалённым сервером она может заметно возрасти вследствие минимизации сетевого взаимодействия.

- Устранение сбоя в pg_dump при попытке выгрузить определение триггера с сервера версии до 8.3 (Том Лейн)
- Исправление имени файла в сообщении об ошибке, выдаваемом pg_restore при получении неправильного файла с перечнем больших объектов (Даниэль Густафссон)
- Обеспечение завершения pgbench с ненулевым кодом состояния в случае ошибки на уровне сокета (Юго Нагата, Фабьен Коэльо)

  Ожидаемым поведением должно быть завершение прогона и выход с кодом 2. Также скорректирован вывод сообщения о такой ошибке.

- Исправление ошибки в индексах `contrib/btree_gin` по столбцам `"char"` (не `char(n)`), проявлявшейся при сканировании индекса с использованием оператора `<` или `<=` (Том Лейн)

  Ранее при таком сканировании выдавались не все элементы, которые должны были.

- Реализация в расширении `contrib/pg_stat_statements` чтения его файла «текстов запросов» блоками размером не больше 1 ГБ (Том Лейн)

  Файлы очень большого размера с текстами запросов весьма нетипичны, но в случае их наличия ранее происходил сбой в 64-разрядной ОС Windows (в которой один запрос на чтение файла не может прочитать больше 2 ГБ).

- Устранение в `contrib/postgres_fdw` обращения по нулевому указателю при попытке сообщить об ошибке преобразования данных (Том Лейн)
- Добавление поддержки циклических блокировок для архитектуры RISC-V (Марек Шуба)

  Это имеет большое значение для обеспечение хорошей производительности на этой платформе.

- Обеспечение поддержки OpenSSL 3.0.0 (Питер Эйзентраут, Даниэль Густафссон, Микаэль Пакье)
- Установка правильного идентификатора типа для объектов BIO (абстракции ввода/вывода), которые создаёт PostgreSQL (Итамар Гафни)

  Исправленная теперь ошибка могла быть заметна только для кода, который выполняет такие задачи, как аудит инсталляции OpenSSL. Но всё же формально это было нарушением OpenSSL API, которое стоило устранить.

- Исправление наших файлов `pkg-config` для восстановления поддержки статического связывания с libpq (Питер Эйзентраут)
- Исправление в `pg_regexec()` обработки параметра *`search_start`*, выходящего за допустимые пределы (Том Лейн)

  Когда позиция *`search_start`* выходит за конец строки, теперь выдаётся результат `REG_NOMATCH`, тогда как раньше мог произойти сбой. Достижение этого состояния при использовании только ядра PostgreSQL не представляется возможным, однако расширения могут недостаточно строго проверять значение этого параметра.

- Обеспечение возможности вызова `GetSharedSecurityLabel()` в только что начатом сеансе, в котором ещё не получены критически важные для него элементы кеша отношений (Джефф Дэвис)
- Использование данных проекта CLDR для сопоставления принятых в Windows названий часовых поясов с часовыми поясами IANA (Том Лейн)

  Программа initdb, запущенная в Windows, пытается установить для нового кластера в параметре `timezone` часовой пояс IANA, соответствующий часовому поясу, выбранному в системе. Мы использовали таблицу соответствия, которая была сформирована несколько лет назад и обновлялась бессистемно: неудивительно, что в ней содержался ряд неточностей и не хватало добавленных не так давно часовых поясов. Выяснилось, что в CLDR отслеживаются наиболее подходящие сопоставления, поэтому решено использовать их данные. Это изменение затронет только впоследствии создаваемые кластеры, на существующие оно никак не повлияет.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2021e, включающее изменение правил перехода на летнее время в Иордании, Палестине, на Фиджи и Самоа, а также корректировку исторических данных для Барбадоса, островов Кука, Ниуэ, Гайаны, Португалии и Тонга.

  Кроме того, пояс Pacific/Enderbury был переименован в Pacific/Kanton. Помимо этого, следующие пояса были включены в соседние, более популярные пояса, в которых время было таким же с 1970 г.: Africa/Accra, America/Atikokan, America/Blanc-Sablon, America/Creston, America/Curacao, America/Nassau, America/Port_of_Spain, Antarctica/DumontDUrville и Antarctica/Syowa. Для всех этих поясов старое название сохранено в качестве альтернативного.

E.19. Выпуск 13.4

Дата выпуска: 2021-08-12

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.3. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.19.1. Миграция на версию 13.4

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.2, см. также Раздел E.21.

E.19.2. Изменения

- Корректировка неправильного планирования повторного выполнения этапа проекции (Том Лейн)

  Планировщик мог построить неправильный план в случаях, когда два узла ProjectionPath оказывались один над другим. Известно, что такая ситуация возникала при использовании параллельных операций сортировки, но подобные ситуации не исключены и при других условиях. В результате мог произойти сбой сервера или выдавались некорректные результаты запросов. Также это могло повлечь раскрытие содержимого памяти сервера. (CVE-2021-3677)
- Полное отключение повторного согласования SSL (Микаэль Пакье)

  Собственно повторное согласование SSL было отключено довольно давно, но сервер всё же мог продолжать взаимодействие с клиентом, получив от него запрос повторного согласования. При этом злонамеренно сконструированный запрос повторного согласования мог вызвать крах сервера (см. описание проблемы OpenSSL CVE-2021-3449). Теперь эта функциональность полностью отключена во всех версиях OpenSSL, где это возможно, а именно, в версии 1.1.0h и новее.
- Восстановление снимка на уровне портала после `COMMIT` или `ROLLBACK` в процедуре (Том Лейн)

В результате исправлено поведение в случаях, когда попытка извлечь TOAST-значение сразу после `COMMIT`/`ROLLBACK` завершалась ошибкой «no known snapshots» (нет известных снимков) или «missing chunk number 0 for toast value» (отсутствует порция номер 0 для TOAST-значения).

Некоторые расширения могут попытаться выполнить SQL-код вне какого-либо портала. Прежде чем делать это, они сами должны обеспечить наличие внешнего портала. Ранее, если портал отсутствовал, запрос мог выполниться, а мог не выполниться; теперь же гарантированно будет выдаваться ошибка «cannot execute SQL without an outer snapshot or portal» (выполнить SQL без внешнего снимка или портала нельзя).

- Исправление некорректного поведения при сохранении вывода курсора, читающего результат нестабильного запроса (Том Лейн)

  Ранее курсор всегда перематывался к началу и все результаты запроса прочитывались заново, при этом они могли отличаться от полученных ранее, что затем приводило к большой путанице. Для курсора NO SCROLL это можно исправить, сохраняя только ещё не прочитанную часть результатов запроса, и этого достаточно, так как такой курсор нельзя вернуть назад. Для курсоров, созданные с указанием SCROLL, угроза некорректного поведения сохраняется, но в документации и раньше отмечалось, что использовать такие курсоры с нестабильными запросами небезопасно. Теперь эти предупреждения в документации дополнительно подчёркнуты.

  Также режим NO SCROLL принудительно включается для неявного курсора, используемого в цикле FOR по результатам запроса в PL/pgSQL, чтобы исключить подобные проблемы при сохранении курсора во время фиксации внутри процедуры.

- Запрещение конструкции `SELECT ... GROUP BY GROUPING SETS (()) FOR UPDATE` (Том Лейн)

  Эта конструкция не должна допускаться, так же как не допускается `FOR UPDATE` с простым `GROUP BY`, но в соответствующей проверке пустые наборы группирования не обрабатывались корректно. В конечном итоге это могло привести к обращению по нулевому указателю в коде исполнителя.

- Недопущение случаев, когда запрос в `WITH` в результате переписывания сводится к просто `NOTIFY` (Том Лейн)

  Ранее в таких случаях происходило падение сервера.

- Округление результата умножения `numeric`, когда в нём оказывается больше 16383 знаков после точки, что раньше вызывало переполнение (Дин Рашид)
- Устранение ошибок и потери точности в особых случаях при возведении значений `numeric` в очень большую степень (Дин Рашид)
- Ликвидация ошибки деления на ноль в функции `to_char()` с форматом `EEEE` и входным значением `numeric` меньше 10^(-1001) (Дин Рашид)
- Реализация в `pg_size_pretty(bigint)` округления отрицательных значений в соответствии с округлением положительных (и с округлением, производимым версией с `numeric`) (Дин Рашид, Дэвид Роули)
- Устранение ошибки при вызове `pg_filenode_relation(0, 0)` — теперь при таком вызове выдаётся NULL (Джастин Призби)
- Блокирование расширения в `ALTER EXTENSION` при удалении или добавлении объекта, относящегося к этому расширению (Том Лейн)

  Предыдущая реализация позволяла выполнить `ALTER EXTENSION ADD/DROP` одновременно с `DROP EXTENSION`, что могло вызвать сбой или повреждение записей в каталоге.

- Недопущение пустого имени слота в `ALTER SUBSCRIPTION` (Ли Япинь)

- Копирование признака включения триггера при копировании триггеров секционированной таблицы в новую секцию (Альваро Эррера)
- Предупреждение конфликтов псевдонимов в запросах, генерируемых командами REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY (Том Лейн, Бхарат Рупиредди)

  Ранее эта команда выдавала ошибку с материализованными представлениями, содержащими столбцы с определёнными именами, в частности, mv и newdata.
- Исправление в PREPARE TRANSACTION проверки конфликтующих блокировок, существующих в рамках сеанса и в рамках транзакции (Том Лейн)

  Транзакция не может быть подготовленной, если в ней существуют рекомендательные блокировки одного ID и на уровне сеанса, и на уровне транзакции. Ранее это ограничение не проверялось в полной мере, вследствие чего во время PREPARE TRANSACTION могло возникнуть состояние ПАНИКА.
- Исправление некорректного поведения DROP OWNED BY в случае множественного указания целевой роли в политике RLS (Том Лейн)
- Устранение ненужных проверок корректности при удалении роли из политики RLS командой DROP OWNED BY (Том Лейн)

  В частности, ранее в некоторых случаях безосновательно требовалось, чтобы DROP OWNED BY выполнял только суперпользователь.
- Возвращение возможности использовать в командах CREATE COLLATION имена локалей Windows в старом стиле (Томас Манро)

  Ранее такие имена локалей не принимались, так как для них операционная система не может предоставить информацию о версиях. Когда-нибудь требование информации о версии может стать обязательным, но на данный момент такого требования нет, так что данная возможность вновь допускается.
- Запрещение переменных «вся строка» в генерирующих выражениях (Том Лейн)

  Использование таких переменных, очевидно, нарушает правило, согласно которому генерируемый столбец не может зависеть сам от себя, поэтому определить корректное поведение в таких случаях невозможно. Фактически же в таких случаях часто возникали критические сбои.
- Исправление использования tableoid в генерирующих выражениях (Том Лейн)

  По некоторым путям в коде при вычисления генерирующего выражения (GENERATED) для этого системного столбца не устанавливалось корректное значение.
- Отказ от сохранения «горячего значения по умолчанию» при добавлении столбца в стороннюю таблицу (Эндрю Дунстан)

  Это «горячее значение» бесполезно, так как для таких таблиц данные кучи не хранятся локально, а кроме того, с ним возникала путаница при последующих операциях. Помимо подавления создания таких записей в каталоге при выполнении команд ALTER TABLE, в код добавлена обработка ситуации, когда подобное некорректное значение уже присутствует.
- Транзакционное изменение флагов состояния индекса (Микаэль Пакье, Андрей Лепихов)

  Данное исправление устраняет ошибки при вычислении в индексах таких предикатов, которые фактически не являются постоянными. Хотя подобное использование не считается поддерживаемым, первоначальная причина изменения этих флагов не транзакционным образом давно неактуальна, поэтому можно исправить и вытекающее из неё решение.
- Недопущение повреждения записей в кеше планов в случаях, когда в кешированном плане оказывается команда CREATE DOMAIN или ALTER DOMAIN (Том Лейн)
- Отображение последних команд репликации, выполняемых передатчиками WAL, в представлении pg_stat_activity (Том Лейн)

Ранее процесс walsender показывал свою последнюю SQL-команду, что вводило в заблуждение, если фактически он выполнял репликационную операцию. Теперь на том же основании, что и команды SQL, выводятся команды протокола репликации.

- Отображение в поле `pg_settings.pending_restart` значения true в случае удаления соответствующей записи из `postgresql.conf` (Альваро Эррера)

  Ранее поле `pending_restart` корректно отражало ситуацию, когда изменяется запись, задающая параметр, который вступает в силу только после перезапуска сервера, но не ситуацию, когда такая запись полностью удаляется.

- Снятие в 64-битной Windows ограничения наибольшего произведения действующего значения `work_mem` и `hash_mem_multiplier` значением 2 ГБ (Том Лейн)

  Это позволяет использовать `hash_mem_multiplier` по прямому предназначению, а именно не допускать вытеснения на диск при агрегировании большого объёма данных, даже если под «большим объёмом» понимается несколько гигабайт.

- Корректировка неправильного планирования запросов, обращающихся к обычным таблицам, являющимся потомками в иерархии наследования сторонних таблиц (Амит Ланготе)

  В таких случаях при выполнении `SELECT FOR UPDATE` и подобных команд возникали сбои проверочных утверждений и ошибки «could not find junk column» (не удалось найти отбросовый столбец).

- Исправление использования результатов постоянной функции во FROM, когда данный элемент FROM помечен как `LATERAL` (Том Лейн)

- Устранение ошибки в особом случае, когда новый ведомый не мог начать работу с новым ведущим (Дилип Кумар, Роберт Хаас)

  При редком стечении ряда обстоятельств ведомый сервер мог застопориться при попытке нагнать неправильную линию времени в WAL.

- Корректировка минимальной точки восстановления в ситуации, когда при воспроизведении из WAL прерывания транзакции происходит усечение файла (Фудзии Масао)

  Усечение файла невозможно отменить, поэтому остановить восстановление в точке, предшествующей данной записи, в общем случае нельзя. Подобная ситуация с фиксированием транзакции была урегулирована много лет назад, но данная была упущена.

- Продвижение горизонта старейшего требуемого сегмента WAL после аннулирования слота репликации (Кётаро Хоригути)

  В случае аннулирования всех слотов горизонт больше не двигался, вследствие чего файлы WAL на сервере в конце концов могли занять всё свободное место.

- Пресечение попыток поиска в каталоге при возникновении ошибки в приёмнике WAL (Масахико Савада, Бхарат Рупиредди)

- Обеспечение корректной реакции ведомого сервера, при запуске ожидающего поступления WAL, на команду отключения (Фудзии Масао, Соумйадип Чакраборти)

- Очистка разделяемого состояния в случае, когда процесс не смог стать членом группы процессов, фиксирующих транзакции (Амит Капила)

  При удачном наложении событий по времени в последующем сеансе при попытке использовать тот же объект PGPROC мог произойти сбой проверочного утверждения.

- Добавление блокировки во избежание чтения некорректных данных из файла relmapper при одновременной записи в него со стороны другого процесса (Хейкки Линнакангас)

- Улучшение информирования о прогрессе на этапе сортировки во время параллельного построения индекса btree (Маттиас ван де Меент)

- Усовершенствование проверок, выявляющих нарушения в сообщениях протокола репликации (Том Лейн)

  В рабочих процессах логической репликации часто использовались проверочные утверждения для выявления ситуаций, которые могли возникать при получении неправильных или перепутанных команд репликации. Такое решение видится не очень продуманным, поэтому данные проверки заменены на обычные, выдающие ошибки.

- Ликвидация разнообразных ошибок, приводящих к краху при логической репликации изменений в секционированных таблицах (Амит Ланготе, Том Лейн)

- Устранение риска падения рабочего процесса логической репликации при срабатывании триггеров AFTER для секционированных таблиц (Том Лейн)

- Устранение взаимоблокировки при попытке усечения одной таблицы несколькими рабочими процессами логической репликации (Питер Смит, Хайин Тан)

- Ликвидация дефектов и утечек памяти при логическом декодировании спекулятивного добавления (Дилип Кумар)

- Устранение утечки памяти в модуле вывода информации логической репликации (Амит Ланготе)

- Недопущение сохранения в хеш-таблице записи с неправильным типом после возникновения ошибки (Саит Талха Нишанджы)

  Результатом устранённой теперь ошибки мог быть крах сервера или утечки памяти.

- Предотвращение смещения в счётчике использований плана в кеше при возникновении определённых ошибок в `CREATE TABLE ... AS EXECUTE` (Том Лейн)

- Устранение условий гонки в коде совместного использования дескрипторов кортежей параллельными исполнителями (Томас Манро)

  При определённом стечении событий мог произойти крах сервера.

- Исключение условий гонки при аннулировании устаревшего слота репликации одновременно с попыткой удалить или изменить его (Андрес Фройнд, Альваро Эррера)

- Устранение условий гонки, возможных при освобождении структур BackgroundWorkerSlot (Том Лейн)

  По всей вероятности, это не было причиной какой-либо из наблюдаемых ошибок на платформе Intel, но на платформах с менее строгими правилами обращений к памяти могли быть проблемы.

- Устранение возможности краха в коде сортировки (Ронан Данклау)

  Один путь в коде допускал попытку освободить нулевой указатель. При использовании сортировки ядром сервера этот путь был закрыт, но не исключено, что его могли открыть расширения.

- Усовершенствование обработки повреждённых данных в коде разделения списка идентификаторов (Питер Гейган)

  При попытке вставить элемент с TID, равным TID уже существующего элемента, следует выдавать ошибку, а не доводить до падения. Хотя это аномальная ситуация, уже поступали сообщения о том, что она наблюдается, когда индекс не соответствует таблице.

- Предотвращение бесконечного цикла при добавлении данных в индекс SP-GiST (Том Лейн)

  В случае, когда неключевые столбцы (INCLUDE) занимают настолько много места, что листовой индексный кортеж в принципе не может поместиться в странице, класс операторов text_ops входил в бесконечный цикл, тщетно пытаясь уместить этот кортеж. Хотя в версиях до

11 индексы не поддерживали столбцы INCLUDE, эта защита от зацикливания перенесена и в старые версии, так как она позволяет также противостоять ошибкам в классах операторов.

- Обеспечение возможности прервать добавление данных в индекс SP-GiST сигналом отмены запроса (Том Лейн, Альваро Эррера)
- Ликвидация использования неинициализированной переменной, в результате которого реализация PL/pgSQL могла ошибочно полагать, что с предложением `INTO` указывалось `STRICT` (Том Лейн)
- Отказ от аварийного прерывания процесса в случае нехватки памяти в функции печати строк в libpq (Том Лейн)
- Допущение в ecpg возможности приведения значения `numeric`, равного INT_MIN (обычно -2147483648), к int (Джон Нейлор)
- Предотвращение в psql и других клиентских программах выхода за конец строки при обработке некорректно кодированных данных (Том Лейн)

  В случае нахождения у конца строки многобайтового символа, не соответствующего кодировке, различные циклы обработки могли выйти за завершающий строку NUL, что могло обойтись без последствий либо привести к краху программы, в зависимости от следующего содержимого памяти. Это отголоски CVE-2006-2313, хотя конкретно эти случаи не должны иметь интересных проявлений с точки зрения безопасности.
- Исправление в pg_dump обработки триггеров секционированных таблиц, состояние включения которых отличается от состояния, установленного для родительских триггеров (Джастин Призби, Альваро Эррера)
- Устранение предупреждений «invalid creation date in header» (неправильная дата создания в заголовке), возникающих при выполнении pg_restore с архивом, созданным в другом часовом поясе (Том Лейн)
- Добавление в pg_upgrade переноса значения `oldestXID` из старой инсталляции (Бертран Друво)

  Ранее в новых инсталляциях значение `oldestXID` обычно оказывалось достаточно старым для того, чтобы вызвать безусловную немедленную автоочистку для предотвращения зацикливания. Это нежелательно с точки зрения производительности, но что ещё хуже, инсталляции с большими значениями `autovacuum_freeze_max_age` могли экстренно останавливаться вскоре после обновления.
- Усовершенствование pg_upgrade для выявления расширений, которые следует обновить, и предложения дальнейших действий (Брюс Момджян)

  Теперь формируется скрипт, содержащий команды `ALTER EXTENSION UPDATE` для обновления расширений до версий, которые устанавливаются по умолчанию в новой инсталляции.
- Предупреждение проблем при переключении pg_receivewal между сжатым и несжатым форматом WAL (Микаэль Пакье)
- Реализация в `contrib/postgres_fdw` полезного поведения генерируемых столбцов (Эцуро Фудзита)

  Теперь `postgres_fdw` будет обрабатывать генерируемые столбцы разумным образом, если генерируемый столбец в сторонней таблице представляет генерируемый столбец удалённой таблицы. Именно в таком ключе по умолчанию будет импортировать генерируемые столбцы команда `IMPORT FOREIGN SCHEMA`.
- Пресечение попыток поиска в каталоге при возникновении ошибки в `contrib/postgres_fdw` (Том Лейн)

  Хотя обычно это работало, такой поиск может быть опасным, так как ошибке могла сопутствовать и потеря функциональности доступа к каталогу. В качестве побочного эффекта исправления теперь в сообщениях об ошибках преобразования данных упоминаются псевдонимы (если они заданы) столбцов и таблицы, фигурирующие в запросе, а не фактические имена нижележащей сторонней таблицы или столбцов.

- Улучшение инфраструктуры изоляционных тестов (Том Лейн, Микаэль Пакье)

  Добавлена возможность дополнить описание шагов в тесте указаниями ожидаемого порядка их выполнения. Это позволяет получать стабильные результаты (ранее результаты могли меняться в условиях гонки), не добавляя для исключения гонки длительные задержки, которые мы вставляли ранее (не вполне успешно). В качестве имён шагов/сеансов в тесте теперь допускаются идентификаторы без кавычек (ранее все такие имена должны были заключаться в кавычки). Также улучшен вывод результатов запросов в изоляционных тестах. Помимо этого, ликвидирован режим «dry-run» программы isolationtester. Наконец, в ней устранены утечки памяти.

- Уменьшение издержек при тестировании с затиранием кеша (Tom Lane)
- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.10 (Хонза Хорак)
- Изменение поведения вызова `printf("%s", NULL)`, который теперь должен выдавать `(null)`, а не останавливать сервер (Том Лейн)

  Это должно повысить устойчивость сервера в особых случаях, и при этом поведение `printf` в нашей реализации становится таким же, как в распространённых библиотеках.

- Исправление ошибочного сообщения в журнале, выдаваемого, когда восстановление на момент времени (PITR) останавливается на записи `ROLLBACK PREPARED` (Саймон Риггс)
- Улучшение сообщений, выдаваемых командой `ALTER TABLE` в случае ошибок вида «неправильный тип отношения» (Кётаро Хоригути)
- Уточнение в сообщениях об ошибках формулировки «неотрицательные значения» (Бхарат Рупиредди)
- Усовершенствование configure для работы с OpenLDAP версии 2.5, в которой теперь нет отдельной библиотеки `libldap_r` (Адриан Хо, Том Лейн)

  В случае отсутствия библиотеки `libldap_r` теперь неявно предполагается, что библиотека `libldap` является потокобезопасной.

- Добавление новых целей сборки `world-bin` и `install-world-bin` (Эндрю Дунстан)

  Эти цели действуют так же, как `world` и `install-world`, соответственно, за исключением того, что они не собирают и не устанавливают документацию.

- Исправление правила make для TAP-тестов (`prove_installcheck`) с целью обеспечения их использования в PGXS (Эндрю Дунстан)
- Модификация кода JIT в рамках подготовки к предстоящему изменению API LLVM (Томас Манро, Андрес Фройнд)

  В LLVM 13 внесены несовместимые изменения API, приводящие к падению предыдущей версии нашего JIT-компилятора.

- Отказ от предположения, что строки, возвращаемые библиотеками GSSAPI, завершаются нулевым символом (Том Лейн)

  В спецификации GSSAPI строка задаётся указателем и длиной. На практике следующий за концом строки байт обычно нулевой, поэтому наш код раньше не сталкивался с проблемами; однако нам сообщили, что на это среагировал AddressSanitizer.

- Обеспечение возможности сборки с GSSAPI в среде MSVC (Микаэль Пакье)

  Устранение разнообразных несовместимостей с современными сборками Kerberos.

- Добавление для сборок MSVC параметра `--with-pgport` в набор параметров configure, которые выдаёт pg_config, в случае использования данного параметра (Эндрю Дунстан)

E.20. Выпуск 13.3

Дата выпуска: 2021-05-13

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.2. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.20.1. Миграция на версию 13.3

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 13.2, см. также Раздел E.21.

E.20.2. Изменения

- Предотвращение целочисленного переполнения при вычислении индексов в массивах (Том Лейн)

  Ранее код обработки массивов не отслеживал переполнение целого при сложении нижней границы с длиной массива. В результате элементы с запредельными индексами (которые нельзя записать в виде целого числа) оказывались недоступными, но что ещё хуже, в дальнейшем они нарушали работу операций присваивания. Это могло приводить к перезаписи памяти и, как следствие, сбоям или нежелательным изменениям данных. (CVE-2021-32027)

- Исправление некорректной обработки «отбросовых» столбцов в целевых списках `INSERT ... ON CONFLICT ... UPDATE` (Том Лейн)

  Если список `UPDATE` содержал вложенные выборки, возвращающие несколько столбцов (в числе которых помимо столбцов с нужными данными могут быть отбросовые столбцы), выполнение `UPDATE` завершалось сохранением кортежей, включающих значения этих дополнительных столбцов. Это относительно безвредно само по себе, но если в таблицу добавлялись новые столбцы, эти значения оказывались недоступными, а если их типы данных отличались от типов добавленных столбцов, могли происходить сбои.

  Помимо этого, в версиях, которые поддерживают изменение, затрагивающее несколько секций, межсекционное изменение, вызванное в таком случае, порождало противоположную проблему: отбросовые столбцы удалялись из целевого списка, что обычно немедленно приводило к краху из-за нарушения в работе механизма вложенной выборки с несколькими столбцами. (CVE-2021-32028)

- Исправление потенциально некорректного вычисления результатов `UPDATE ... RETURNING` для межсекционных изменений с соединением (Амит Ланготе, Эцуро Фудзита)

  Если при выполнении `UPDATE` с секционированной таблицей строка должна была переместиться в другую секцию с физически отличающимся типом строки (например, в секцию с другим набором удалённых столбцов), результат `RETURNING` мог вычисляться некорректно либо могли выдаваться ошибки. Проблемы наблюдались, только если операция `UPDATE` затрагивала другие таблицы, соединённые с целевой. (CVE-2021-32029)

- Обеспечение корректного изменения свойств отложенности ограничений в секционированных таблицах (Альваро Эррера)

  В случае применения команды `ALTER TABLE ... ALTER CONSTRAINT` к ограничению внешнего ключа секционированной таблицы, свойства `DEFERRABLE` и/или `INITIALLY DEFERRED`, относящиеся к ограничениям и триггерам конечных секций, не корректировались должным образом. В результате такие ограничения не работали как ожидалось. После перехода на эту версию вы можете исправить все некорректно работающие секционированные таблицы, выполнив для них команду `ALTER`, задающую нужные свойства.

Теперь также запрещается применение таких команд ALTER непосредственно к ограничениям конечных секций. Наличие разных свойств ограничений в иерархии секционирования не поддерживается, поэтому такая команда ALTER должна применяться только к корню дерева секционирования.

- Требование полного совпадения определений генерируемых столбцов в родительской таблице и в дочерней таблице, присоединяемой к ней с помощью ALTER TABLE ... INHERIT (Питер Эйзентраут)
- Запрещение пометки допустимости NULL для столбца идентификации (Вик Фиринг)

  Указание GENERATED ... AS IDENTITY подразумевает ограничение NOT NULL, поэтому оно не должно приниматься с явным указанием NULL.

- Реализация возможности задавать в ALTER ROLE/DATABASE ... SET произвольные параметры role, session_authorization и temp_buffers (Том Лейн)

  Ранее излишне строгие проверки могли не допускать команды с некоторыми значениями, которые могли бы вполне корректно работать позже. Это создавало проблемы с упорядочиванием команд при выгрузке/загрузке данных и при обновлении.

- Обеспечение сохранения заданных для индекса ориентиров статистики в процессе REINDEX CONCURRENTLY (Микаэль Пакье)
- Исправление работы конструкции COMMIT AND CHAIN с транзакцией, в которой есть активные точки сохранения (Фудзии Масао)
- Исправление некорректного обращения со списком при обработке WITH RECURSIVE (Микаэль Пакье, Том Лейн)

  При достаточно большой вложенности конструкций WITH (не менее семи уровней) происходил аварийный сбой или выдавались ошибочные сообщения о недопустимой вложенности WITH.

- Устранение ошибки, связанной с приведением результата выражения COLLATE к типу, не поддерживающему сортировку (Том Лейн)

  При таком приведении строилось дерево разбора, в котором COLLATE должно было применяться к значению, не поддерживающему сортировку. Хотя обычно это ни на что не влияло (так как COLLATE не обрабатывается во время выполнения), но полученное с подобным приведением представление нельзя было загрузить после выгрузки.

- Исправление ошибки использования освобождённой памяти при сохранении кортежей для триггеров AFTER (Амит Ланготе)

  В некоторых случаях это могло приводить к краху сервера.

- Недопущение вызова оконных функций и процедур через сообщения по протоколу «быстрого пути» (Том Лейн)

  На этом уровне поддерживаются только простые функции. При вызове агрегатной функции ошибка выдавалась и раньше, но при вызове оконной функции происходил сбой, а вызов процедуры мог выполниться успешно, только если процедура не манипулировала транзакциями.

- Добавление поддержки событийных триггеров в pg_identify_object_as_address() (Джоэл Джейкобсон)
- Исправление в функции to_char() обработки кодов формата, задающих месяц римскими цифрами, с отрицательными интервалами (Жюльен Руо)

  Ранее при вызове функции с такими параметрами обычно происходил сбой.

- Проверка указания в аргументе функции pg_import_system_collations() корректного OID схемы (Tom Lane)

- Устранение обращения к неинициализированному значению при разборе квантификатора `\{m,n\}` в регулярном выражении в режиме BRE (Том Лейн)

  В результате ошибки этот квантификатор мог работать как «нежадный», то есть как квантификатор `{m,n}?` в расширенных регулярных выражениях.

- Исправление ошибок планировщика «could not find pathkey item to sort» (не удалось найти элемент ключей пути для сортировки), возникавших в некоторых ситуациях, когда в ключе сортировки задействовалась агрегатная или оконная функция (Джеймс Коулман, Том Лейн)

- Рассмотрение системных столбцов при оценивании количества групп с использованием расширенной статистики (Томаш Вондра)

  Ранее для запросов вида `SELECT ... GROUP BY a, b, ctid` могли выдаваться странные оценки.

- Предотвращение деления на ноль при оценивании избирательности регулярного выражения с очень длинным фиксированным префиксом (Том Лейн)

  При таком условии в качестве значения избирательности выдавалось `NaN`, что приводило к сбоям проверочных утверждений или непонятному поведению планировщика.

- Устранение ошибки выхода за границу таблицы при сканировании битовой карты индекса BRIN (Томаш Вондра)

  При использовании в индексе BRIN страничных зон размера, не равного степени двух, были возможны особые случаи, когда в ходе сканирования битовой карты происходило обращение к странице за физическим концом таблицы, приводившее к ошибке «could not open file» (не удалось открыть файл).

- Устранение возможности получения некорректных ответов при поиске в GIN-индексе значений `tsvector` в случае нахождения большого количества подходящих кортежей (Том Лейн)

  Если число совпадений в индексе оказывалось достаточно большим, чтобы содержащая их битовая карта стала неточной (порог определяется значением `work_mem`), могла возникнуть неопределённость с необходимостью перепроверки строк, так что в результате могли выдаваться строки, фактически не соответствующие запросу.

- Ликвидация проблем, вызванных параллельной активностью, при переработке сегментов WAL в Windows (Микаэль Пакье)

  Тем самым было отменено изменение, после которого в журнале сервера периодически стали появляться сообщения «could not rename file ...: Permission denied» (не удалось переименовать файл ...: В доступе отказано). Хотя это не имело серьёзных последствий, эти сообщения вызывали раздражение.

- Недопущение некорректной смены линии времени при восстановлении незафиксированных двухфазных транзакций из WAL (Соумйадип Чакраборти, Джимми Йи, Кевин Йип)

  Вследствие исправленной теперь ошибки последующие записи WAL сохранялись с идентификатором неправильной линии времени, что порождало проблемы с согласованностью данных и даже могло привести к остановке сервера при последующем перезапуске.

- Освобождение всех блокировок в случае остановки стартового процесса ведомого сервера (Фудзии Масао)

  В случае остановки ведомого сервера в ходе восстановления некоторые блокировки могли сохраниться. Это приводило к сбоям проверочных утверждений в отладочных сборках; могло ли это иметь серьёзные последствия в обычных сборках, неизвестно.

- Устранение сбоя при выполнении команды `ALTER SUBSCRIPTION REFRESH` в рабочем процессе логической репликации (Питер Смит)

  Код ядра не выполняет такую команду, но она вполне может выполняться в триггере реплики.

- Использование по умолчанию значения `wal_sync_method` = `fdatasync` в последних версиях FreeBSD (Томас Манро)

  Во FreeBSD 13 поддерживается режим `open_datasync`, и он в принципе должен использоваться по умолчанию, однако пока не ясно, в чём его преимущество для Postgres, решено оставить прежний вариант.

- Ликвидация параметра GUC `vacuum_cleanup_index_scale_factor` и соответствующего параметра хранения (Питер Эйзентраут)

  Идея отслеживания устаревшей статистики индекса оказалась несостоятельной в сочетании с механизмом `autovacuum_vacuum_insert_threshold`, что проявлялось в ненужных операциях сканирования всего индекса и постепенном снижении производительности автоочистки. Последний механизм выглядит более многообещающим, поэтому логика обработки устаревшей статистики была ликвидирована. Управляющий ей параметр `vacuum_cleanup_index_scale_factor` будет полностью удалён в 14 версии. В 13 версии он формально всё ещё поддерживается, для совместимости с существующими файлами конфигурации, но не играет никакой роли.

- Передача корректного OID триггера пост-обработчикам изменений в объектах при выполнении `ALTER CONSTRAINT` (Альваро Эррера)

  При изменении свойств триггера во время `ALTER CONSTRAINT` пост-обработчик изменения уведомлялся о том, что изменяется триггер, но вместо OID триггера получал OID ограничения.

- Обеспечение полной очистки в случае прерывания при отсоединении сегмента DSM (Томас Манро)

  В результате исправленной теперь ошибки временные файлы могли не очищаться должным образом после параллельного запроса.

- Устранение разнообразных незначительных утечек памяти в коде сервера (Том Лейн, Андрес Фройнд)

- Исправление инициализации переменной, используемой в статистике приёмника WAL, в общей памяти (Фудзии Масао)

  Устранённая ошибка никак не проявлялась на большинстве платформ, но на платформах, где отсутствует поддержка атомарных переменных и/или циклических блокировок, могли возникать проблемы.

- Уменьшение накладных расходов, связанных с пробами dtrace, при операциях LWLock в случаях, когда поддержка dtrace скомпилирована, но не включена (Питер Эйзентраут)

- Ликвидация ошибки, возникавшей в блоке PL/pgSQL `DO`, в котором используются переменные составного типа и при этом осуществляется управление транзакциями (Том Лейн)

  Ранее в таком случае выдавалось сообщение об утечке дескрипторов кортежей.

- Предотвращение бесконечного цикла в libpq при получении некорректной длины в сообщении ParameterDescription (Том Лейн)

- Использование правильных разделителей (обратной косой черты) в пути к программе pg_ctl, который выводит initdb в инструкции по запуску сервера (Нитин Ядав)

- Восстановление в psql предыдущего поведения присваивания `\connect service=`*`значение`* (Tom Lane)

  В результате предыдущего исправления ошибки переменные окружения (например, `PGPORT`) стали переопределять записи в файле служб в данном контексте. Сейчас восстановлено прежнее поведение, при котором действует обратный приоритет.

- Исправление в функции psql `ON_ERROR_ROLLBACK` обработки команд `COMMIT AND CHAIN` (Артур Насименту)

Ранее при попытке её использовать с такими командами выдавалась ошибка «savepoint "pg_psql_temporary_savepoint" does not exist» (точка сохранения "pg_psql_temporary_savepoint" не существует).

- Исключение в psql повторения ошибок «could not print result table» (не удалось вывести таблицу результатов) после первой такой ошибки (Альваро Эррера)
- Устранение условий гонки при обнаружении изменений в файле командой psql `\e` и связанными с ней командами (Лауренц Альбе)

  При очень быстром редактировании файла можно было ввести в заблуждение проверку изменения временного файла, отслеживающую время изменения файла.
- Исправление в pg_dump выгрузки генерируемых столбцов для секционированных таблиц (Питер Эйзентраут)

  Исправление, вошедшее в предыдущий корректирующий выпуск, не должно было затрагивать секционированные таблицы; оно должно распространяться только на обычные наследуемые таблицы.
- Добавление недостающей проверки версии файла в pg_restore (Том Лейн)

  При чтении архива в специальном формате из источника, не поддерживающего позиционирование, утилита pg_restore забывала проверить версию архива. В случае загрузки архива более новой версии, чем она поддерживает, впоследствии могла возникнуть путаница.
- Добавление в pg_upgrade дополнительных проверок на наличие в пользовательских таблицах типов, не поддерживающих обновление (Том Лейн)

  Усовершенствование выявления случаев, когда тип, не поддерживающий обновление, оказывается внутри типа-контейнера (например, в типе массива или диапазона). Также теперь запрещается обновление, если пользовательские таблицы содержат системные составные типа, так как OID таких типов может меняться от версии к версии.
- Исправление некорректного расчёта прогресса в pg_checksums (Синъя Като)
- Исправление в pg_waldump подсчёта записей `XACT` при сборе статистики по записям (Кётаро Хоригути)
- Ликвидация в `contrib/amcheck` ошибочного проверочного утверждения, не допускающего одновременно установленные в кортеже флаги `HEAP_XMAX_LOCK_ONLY` и `HEAP_KEYS_UPDATED` (Жюльен Руо)

  Такое состояние вполне легально после `SELECT FOR UPDATE`.
- Корректировка правил сборки с VPATH для совместимости с последними версиями компилятора Oracle Developer Studio (Ной Миш)
- Исправление тестирования языка PL/Python для Python 3 в ОС Solaris (Ной Миш)

E.21. Выпуск 13.2

Дата выпуска: 2021-02-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.1. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.21.1. Миграция на версию 13.2

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако обратите внимание на первый пункт в списке изменений, где говорится о возможной необходимости пересоздать хранимые представления. Также ознакомьтесь с третьим и четвёртым пунктом в этом списке, описывающими случаи, в которых рекомендуется перестроить индексы после обновления версии.

E.21.2. Изменения

- Исправление ошибки при проверке прав `SELECT` на уровне столбцов в некоторых запросах с соединением (Том Лейн)

  В некоторых случаях, когда выполнялись соединения, при разборе запроса в карту использования столбцов, применяемую при проверке разрешений, могли записываться не все столбцы. Хотя анализатор запроса в любом случае требовал наличия в некотором виде права `SELECT` для выполнения запроса, вследствие этой ошибки пользователь, имеющий право `SELECT` для всего одного столбца таблицы, мог читать все столбцы, сконструировав специальный запрос.

  Эта проблема затрагивает хранимые представления, в которых останутся неполные карты использования столбцов, и таким образом права доступа не будут проверяться корректно и после обновления представлений. Поэтому в инсталляциях, где важны ограничения доступа на уровне столбцов, рекомендуется выполнить `CREATE OR REPLACE` для всех пользовательских представлений, чтобы их определения были корректно разобраны заново.

  Проект PostgreSQL благодарит Свена Клемма за сообщение об этой проблеме. (CVE-2021-20229)

- Устранение утечки информации в сообщениях об ошибках при нарушении ограничений (Хейкки Линнакангас)

  Если команда `UPDATE` пытается переместить строку в другую секцию и обнаруживает, что эта строка нарушает какое-либо ограничение новой секции и столбцы в этой секции располагаются не в том физическом порядке, что в родительской таблице, выдаваемое сообщение об ошибке может включать содержимое столбцов, которые пользователь не должен читать, не имея права `SELECT`. (CVE-2021-3393)

- Исправление ошибочной обработки одновременных разделений страниц при добавлении данных в индекс GiST (Хейкки Линнакангас)

  При параллельном добавлении данных записи могли помещаться в некорректные страницы индекса, что приводило к его повреждению. Поэтому рекомендуется перестроить все индексы GiST, в которые данные могли вставляться параллельным образом.

- Добавление в `CREATE INDEX CONCURRENTLY` ожидания завершения подготовленных транзакций (Андрей Бородин)

  На этапе, когда команда `CREATE INDEX CONCURRENTLY` ждёт завершения всех выполняющихся в это время транзакций, чтобы она могла увидеть добавленные ими строки, она с той же целью должна дожидаться завершения и всех подготовленных транзакций. В противном случае строки, добавленные подготовленными транзакциями, могут не попасть в новый индекс, вследствие чего запросы, использующие этот индекс, не будут их видеть. В инсталляциях, где включены подготовленные транзакции (`max_prepared_transactions` > 0), рекомендуется перестроить все ранее построенные в неблокирующем режиме индексы, если их могла затронуть эта проблема.

- Устранение сбоя при попытке пересканировать в плане выполнения узел агрегирования, в котором обрабатываются и хешированные, и сортированные наборы группирования (Джефф Дэвис)

- Исправление ошибки при выполнении узла агрегирования по хешу, сопровождаемого вытеснением кортежей на диск, вследствие которой могли выдаваться некорректные результаты запросов (Том Лейн)

  Группирующие значения при агрегировании могли замениться на NULL, когда кортежи читались с диска, что приводило к ошибочным ответам.

- Устранение особого случая в реализации инкрементальной сортировки (Нейл Чен)

Если последний кортеж сортируемой группы оказывался первым кортежем следующей группы уже отсортированных кортежей, код работал неправильно. Это могло проявляться в сообщениях «retrieved too many tuples in a bounded sort» (в ограниченной сортировке получено слишком много кортежей) или просто результаты сортировки оказывались неверными.

- Устранение сбоя при выполнении оператора `CALL` или `DO`, осуществляющего откат транзакции, по расширенному протоколу запросов (Томас Манро, Том Лейн)

  В PostgreSQL 13 в этом случае гарантированно происходило обращение по нулевому указателю. В более ранних версиях эта ошибка не проявлялась, но уверенности в том, что в них исключены проблемы, нет.

- Исключение необоснованных ошибок при выполнении триггеров `BEFORE UPDATE` с секционированными таблицами (Альваро Эррера)

  Триггер `BEFORE UPDATE FOR EACH ROW`, изменяющий строку каким-либо образом, препятствовал перемещению этой строки в другую секцию командой `UPDATE`, когда это требовалось; однако для этого ограничения больше нет никаких причин.

- Исправление логики отсечения секций при обработке асимметричных наборов секций с секционированием по хешу (Том Лейн)

  Если у таблицы, секционируемой по хешу, оказывались секции неравных размеров (то есть значения по модулю неоднородны) или не хватало секций для некоторых значений, реализация отсечения секций в планировщике могла ошибочно заключить, что некоторые секции сканировать не нужно, в результате чего запросы могли не находить существующие строки.

- Недопущение ошибочных результатов при применении `WHERE CURRENT OF` к курсору, план выполнения которого содержит узел MergeAppend (Том Лейн)

  Такая конструкция не поддерживается (вообще говоря, курсор с `ORDER BY` не обязательно будет поддерживать простое изменение); ранее её не запрещалось использовать, но это было чревато незаметными ошибками.

- Устранение сбоя при применении `WHERE CURRENT OF` к курсору, план выполнения которого содержит нестандартный узел сканирования (Дэвид Гейер)

- Исправление ошибочной обработки местозаполнителей, замена которых должна откладываться до выполнения внешнего соединения (Том Лейн)

  Ошибка происходила, в частности, с простейшими подзапросами, содержащими отложенные ссылки на результаты внешнего соединения, и приводила к построению некорректного плана. Известны случаи, когда в результате выдавалось сообщение об ошибке «failed to assign all NestLoopParams to plan nodes» (не удалось назначить все элементы NestLoopParams узлам плана), но возможны и другие проявления.

- Исправление обработки местозаполнителей в ходе удаления ненужных результирующих RTE (Том Лейн)

  В результате упущения планировщик мог выдавать ошибки «no relation entry for relid *N*» (не найден элемент отношения с номером *N*).

- Исправление обработки местозаполнителя, который вычисляется на некотором уровне соединения и используется только на этом же уровне (Том Лейн)

  В результате данного упущения планировщик мог выдавать ошибки «failed to build any *N*-way joins» (не удалось построить никакие *N*-сторонние соединения).

- Рассмотрение неотсортированных вложенных путей при планировании операции Gather Merge (Джеймс Коулман)

  Такой путь можно использовать, добавив явный узел сортировки, и в некоторых случаях это позволяет получить лучший план.

- Отказ от рассмотрения выражений ORDER BY, использующих функции с ограничениями параллельности или функции, возвращающие множества, при попытке распараллеливания сортировки (Джеймс Коулман)

  Реализация инкрементальной сортировки по недосмотру могла обрабатывать такие выражения, хотя их нельзя безопасно разделить между рабочими процессами.

- Проверка поддержки пометки/восстановления позиций индексными методами доступа (Эндрю Гирт)

  Тем самым предупреждаются ошибки с сообщениями об отсутствии опорных функций, возникавшие в редких особых случаях.

- Исправление завышенной оценки объёма общей памяти, требующегося для параллельных запросов (Такаюки Цунакава)
- Обеспечение корректной обработки в команде ALTER DEFAULT PRIVILEGES повторяющихся аргументов (Микаэль Пакье)

  Ранее в случае повторения имени роли или схемы в одной команде могли выдаваться ошибки «tuple already updated by self» (кортеж уже изменился сам собой) или нарушаться ограничения уникальности.

- Осуществление сброса связанных с ACL кешей при изменениях в pg_authid (Ной Миш)

  Тем самым гарантируется, что решения, связанные с правами доступа, будут приниматься с учётом действия ALTER ROLE ... [NO] INHERIT.

- Устранение дефекта в выявлении условий «snapshot too old» (снимок слишком стар) для таблиц, переписываемых в текущей транзакции (Кётаро Хоригути, Ной Миш)

  Дефект проявлялся, только если перезапись производилась командой ALTER TABLE SET TABLESPACE при wal_level равном minimal.

- Устранение ложной ошибки при выполнении CREATE PUBLICATION для таблицы, созданной или перезаписанной в текущей транзакции (Кётаро Хоригути)

  Ошибка могла проявляться только при wal_level равном minimal.

- Предотвращение некорректной обработки неоднозначных предложений CREATE TABLE LIKE (Том Лейн)

  Предложение LIKE повторно рассматривается после создания новой таблицы, когда выполняется импорт индексов и т. п. Ранее при повторном анализе могла быть найдена другая таблица с тем же именем, что приводило к неожиданному поведению; например, это происходило при создании новой временной таблицы с тем же именем, что у исходной таблицы в LIKE.

- Изменение порядка действий в CREATE TABLE LIKE, чтобы индексы копировались до создания ограничений внешнего ключа (Том Лейн)

  Теперь случай, когда ограничение внешнего ключа, объявленное на внешнем уровне CREATE TABLE и ссылающееся на саму таблицу, зависит от индекса, создаваемого предложением LIKE, обрабатывается корректно.

- Запрет выполнения CREATE STATISTICS с системными каталогами (Томаш Вондра)
- Недопущение преобразования наследуемой дочерней таблицы в представление (Том Лейн)
- Обеспечение корректного освобождения дискового пространства, выделенного для удаляемого отношения, при фиксировании транзакции (Томас Манро)

  Ранее, если удаляемое отношение занимало несколько сегментов по 1 ГБ, немедленно освобождался объём только первого. Файлы остальных сегментов просто удалялись, что не позволяло ядру освободить занимаемое ими место, пока эти файлы были открытыми в других обслуживающих процессах.

- Недопущение удаления табличного пространства, на которое ссылается секционированное отношение, но не хранит в нём свои данные (Альваро Эррера)

  Ранее удаление в таких условиях допускалось, но при последующих операциях с секционированным отношением возникали ошибки.

- Исправление расчёта прогресса при выполнении `CLUSTER` (Маттиас ван де Меент)
- Исправление обработки многобайтовых символов, экранированных обратной косой чертой, в `COPY FROM` (Хейкки Линнакангас)

  Ранее многобайтовый символ, идущий после обратной косой черты, обрабатывался некорректно. Так, в некоторых клиентских кодировках часть многобайтового символа могла восприниматься как разделитель полей или как маркер конца данных.

- Отказ от ненужного создания хеш-таблиц для исполнителя при выполнении `EXPLAIN` без `ANALYZE` (Алексей Баштанов)
- Устранение недавно привнесённых условий гонки при обработке очереди `LISTEN`/`NOTIFY` (Том Лейн)

  Только что подключившийся к очереди процесс-приёмник уведомлений мог попытаться прочитать страницы SLRU, которые в этот момент обрезались, что могло привести к ошибке.

- Реализация поддержки всех возможных сочетаний типов JSON оператором конкатенации `jsonb` (Том Лейн)

  До этого поддерживалась конкатенация двух объектов или двух массивов JSON. Теперь обрабатываются и другие случаи — отличные от массивов аргументы помещаются в одноэлементные массивы, которые затем складываются. Ранее некоторые сочетания аргументов обрабатывались по этому принципу, а с другими возникали ошибки.

- Исправление ошибки обращения к неинициализированному значению при разборе квантификатора `*` в регулярном выражении в режиме BRE (Том Лейн)

  В результате ошибки этот квантификатор мог работать как «нежадный», то есть как квантификатор `*?` в расширенных регулярных выражениях.

- Исправления поведения `power()` со значением `numeric`, равным `INT_MIN` (-2147483648) (Дин Рашид)

  Ранее для такого числа возвращался результат без значимых цифр.

- Устранение целочисленного переполнения в функциях `substring()` (Том Лейн. Павел Стехуле)

  Когда сумма заданной начальной позиции и длины выходила за границы целого, поведение функции `substring()` было некорректным — она либо выдавала ошибку «negative substring length» (отрицательная длина подстроки), тогда как должна была успешно отработать, либо игнорировала действительно отрицательную длину (и в большинстве случаев возвращала всю строку).

- Предотвращение возможной потери данных вследствие некорректного определения позиции зацикливания в журнале SLRU (Ной Миш)

  Позиция зацикливания обычно оказывается в середине страницы и должна округляться до границы страницы, однако это делалось неправильно. Негативные последствия это могло иметь, только если SLRU-кеш переполнялся в пределах одной страницы, что маловероятно в правильно функционирующей системе. Проявляться это могло в последующих ошибках «apparent wraparound» (видимо, произошло зацикливание) и «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции).

- Исправление логики чтения WAL при переключениях линий времени (Кётаро Хоригути, Фудзии Масао)

Ранее при включённом архивировании WAL ведомый сервер мог не переключиться на новую линию времени вслед за ведущим, остановившись с ошибками «requested WAL segment has already been removed» (запрошенный сегмент WAL уже удалён).

- Устранение утечек памяти в процессах walsender при передаче новых снимков для логического декодирования (Амит Капила)
- Устранение утечки в кеше отношений, имевшей место в процессах walsender при передаче изменений строк через корневое отношение иерархии секционирования в ходе логической репликации (Амит Ланготе, Марк Жао)
- Исправление поведения walsender при получении дополнительных команд после завершения репликации (Джефф Девис)
- Выявление взаимоблокировок, возможных между серверами горячего резерва и стартовым процессом (применяющим WAL) (Фудзии Масао)

  Стартовый процесс не выполнял процедуру обнаружения взаимоблокировок, поэтому когда он оказывался последним в ситуации взаимного ожидания, взаимоблокировка не диагностировалась.
- Обеспечение надёжного обнаружения конфликтов восстановления при удалении из индекса записи, ссылающейся на элемент в цепочке HOT (Питер Гейган)

  Ранее код не проходил по цепочке HOT и поэтому мог получить неактуальный горизонт XID, вследствие чего могли возникать конфликты при обработке изменений на ведомом сервере. На практике эффект ошибки был ограниченным, так как в большинстве случаев правильный горизонт вычислялся в сопутствующих операциях.
- Безусловное переопределение значения `KRB5_KTNAME` в переменных окружения сервера любым непустым значением параметра `krb_server_keyfile` (Том Лейн)

  Ранее приоритетность зависела от того, запросил ли клиент шифрование GSS.
- Добавление в сообщения, выводимые в журнал сервера в случае невозможности сопоставить соединение с записями `pg_hba.conf`, информации о том, включено ли шифрование GSS (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

  Эта информация полезна при наличии в `pg_hba.conf` записей `hostgssenc` или `hostnogssenc`.
- Устранение разнообразных дефектов в реализации шифрования GSS на стороне сервера (Том Лейн)

  Отказ от бессмысленного требования использовать исключительно GSS-аутентификацию в случае применения шифрования GSS. Добавление сведений о шифровании GSS в выводимые в журнал сообщения о подключениях. Включение объёма памяти, требующейся для GSS, в расчёт суммарного необходимого объёма общей памяти (ранее могли возникать проблемы при очень больших значениях `max_connections`). Предотвращение бесконечной рекурсии, возможной ранее при попытке выдать сообщение о критической ошибке шифрования GSS.
- Обеспечение очистки необработанных запросов к фоновым рабочим процессам в начале процедуры выключения в режимах «smart» и «fast» (Том Лейн)

  Ранее были возможны условия гонки, когда дочерний процесс, запросивший для себя фоновый рабочий процесс непосредственно перед выключением сервера, оказывался в состоянии бесконечного ожидания и таким образом препятствовал выключению.
- Устранение платформенных особенностей при разборе значений `recovery_target_xid` (Микаэль Пакье)

  Целевой XID может задаваться как 64-битное значение, а для его разбора использовалась функция `strtoul()`, неподходящая для этого на платформах, где `long` имеет размер 32 бита (например, в Windows).

- Недопущение параллельного построения индексов при работе сервера в однопользовательском режиме (Юлинь Пей)
- Наделение индексных МД возможностью поддерживать неключевые столбцы и при этом поддерживать только один ключевой столбец (Том Лейн)
- Устранение обращений к коду SHA256 при создании базовой резервной копии в случаях, когда манифест копии не нужен (Микаэль Пакье)

  При использовании OpenSSL, работающего в режиме FIPS, вызов функций хеширования SHA256 запрещается, что приводит к ошибке. В результате данного изменения на такой платформе теперь всё же можно выгрузить данные, добавив ключ `--no-manifest`.
- Устранения сбоя утверждения истинности при параллельном агрегировании с нестрогой функцией десериализации (Эндрю Гирт)

  Таких агрегатных функций нет в ядре PostgreSQL, но они есть в некоторых расширениях, например, в PostGIS. В сборках без утверждений истинности эта ошибка в любом случае была безвредна.
- Устранение сбоя утверждения истинности в `pg_get_functiondef()` при анализе функции с указанием `TRANSFORM` (Том Лейн)
- Исправление ошибочного выделения структуры данных в операторе `CALL` языка PL/pgSQL (Том Лейн)

  Команда `CALL`, вызывающая из одной процедуры PL/pgSQL другую, имеющую параметры OUT, прерывалась ошибкой, если вызываемая процедура выполняла `COMMIT` или `ROLLBACK`.
- Добавление в libpq возможности перейти к SSL-шифрованию в случае неудачи с GSS (Том Лейн)

  Ранее, если зашифрованное GSS соединение было установлено успешно, но затем произошла ошибка в процессе аутентификации, вместо перехода к SSL устанавливалось незашифрованное соединение. В результате либо могли иметь место неожиданные ошибки соединений, либо незаметно использовалось незащищённое соединение, тогда как ожидалось именно защищённое. Благо GSS-шифрование могло включиться успешно, только если и клиент, и сервер имели действительные билеты в одной инфраструктуре Kerberos. Кажется маловероятным, что в таком окружении будет обязательным использование SSL-шифрования.
- Обеспечение в функции libpq `PQconndefaults()` вывода правильного значения переменной `channel_binding` по умолчанию (Даниэле Вараццо)
- Восстановление в psql возможности передавать пароль в аргументе *`строка_соединения`* команды `\connect` (Том Лейн)

  Это работало раньше, но в результате недавнего исправления этот пароль перестал восприниматься (и поэтому запрашивался дополнительно).
- Избавление от ограничения ширины выводимых командами psql `\d` значений столбцов по умолчанию (Том Лейн)

  Ранее эти значения обрезались по ширине 128 символов.
- Устранение разнообразных дефектов в реализации команды psql `\help` (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

  Команда `\help` с двумя словами в аргументах не могла найти описание команды только для первого слова. Например, команда `\help reset all` должна была показать справку по `RESET`, но она этого не делала. Кроме того, `\help` в ряде случаев не вызывала постраничник, тогда как должна была. Наконец, в прежней реализации имелись утечки памяти.
- Исправление в pg_dump выгрузки наследуемых генерируемых столбцов (Питер Эйзентраут)

Предыдущее поведение приводило к ошибкам при восстановлении (не критичным).

- Изменение поведения pg_dump с тем, чтобы в скрипте восстановления команды `ALTER PUBLICATION ADD TABLE` выполнялись от имени владельца публикации, а команды `ALTER INDEX ATTACH PARTITION` — от имени владельца секционированного индекса (Том Лейн)

  Ранее эти команды выполнялись от имени роли, запустившей скрипт восстановления; в большинстве случаев это должно работать, но в некоторых ситуациях эта роль может не иметь нужных прав.

- Исправление в pg_dump обработки указаний `WITH GRANT OPTION` в изначально устанавливаемых правах в расширениях (Ной Миш)

  В случае, когда скрипт расширения создаёт объект и даёт права доступа к нему с правом передачи, а пользователь затем отзывает эти права, pg_dump не мог выдать корректный SQL восстановления состояния. (Эта проблема если и затрагивает, то лишь немногие расширения.)

- Рассмотрение в процедуре pg_rewind всех требующихся WAL-файлов при синхронизации резервного сервера (Иэн Барвик, Хейкки Линнакангас)

- Запрет использования в pgbench имён переменных, начинающихся с цифры (Фабьен Коэльо)

  Таким образом, pgbench не будет пытаться подставлять переменные в значения времени, которые могут содержать строки вида `12:34`.

- Передача имени корректной базы данных в сообщениях об ошибках подключения, выдаваемых некоторых клиентскими программами (Альваро Эррера)

  Когда имя базы данных не задавалось в командной строке, а выбиралось подразумеваемое по умолчанию, программы pg_dumpall, pgbench, oid2name и vacuumlo выдавали неверные сообщения об ошибках в случае сбоя подключения.

- Устранение утечки памяти в `contrib/auto_explain` (Ли Япинь)

  Память, занятая в процессе формирования вывода `EXPLAIN`, не освобождалась до конца текущей транзакции (для оператора верхнего уровня) или до завершения внешнего оператора (для вложенного оператора). В частности это создавало проблемы при включённом параметре `log_nested_statements`.

- Устранение в `contrib/postgres_fdw` утечки открытых подключений к внешним серверам при удалении сопоставлений пользователей или объекта стороннего сервера (Бхарат Рупиредди)

  Использовать подключения, связанные с удалённым сопоставлением пользователя или сторонним сервером, нельзя, но ранее они сохранялись открытыми на протяжении локального сеанса.

- Исправление ошибочного утверждения истинности в `contrib/postgres_fdw` (Эцуро Фудзита)

- Добавление в `contrib/pgcrypto` проверки кода возврата, выдаваемого функциями OpenSSL EVP (Микаэль Пакье)

  В действительности ошибки в этом месте не ожидаются, но это изменение убирает предупреждения статистических анализаторов.

- Повышение стабильности `contrib/pg_prewarm` в случае остановки кластера до завершения разогрева (Том Лейн)

  Ранее модуль autoprewarm при выходе записывал в свой файл состояния номера только тех блоков, которые ему удалось загрузить к данному моменту, что могло приводить к значительному ограничению его полезности при следующем запуске. Теперь запись в этот файл не будет производиться до завершения начального этапа загрузки модуля.

- Предотвращения сбоя в коде поддержки индексов GiST в модуле `contrib/pg_trgm`, происходившего в редком случае вызова функции picksplit для разделения ровно двух элементов (Эндрю Гирт, Александр Коротков)
- Исправление расчёта тайм-аутов в `contrib/pg_prewarm` и `contrib/postgres_fdw` (Алексей Кондратов, Том Лейн)

  В основном цикле главного процесса `contrib/pg_prewarm` ошибочно вычислялась задержка в 1000 раз меньше ожидаемой, вследствие чего он создавал лишнюю нагрузку для процессора. Ожидая результата от удалённого сервера, модуль `contrib/postgres_fdw` устанавливал вместо желаемого тайм-аута в 1000 раз больший (хотя эта ошибка нивелировалась 60-секундным ограничением сверху).

  Обе эти ошибки были следствием неправильного пересчёта секунд с микросекундами в миллисекунды. Чтобы в будущем таких ошибок не было, добавлена удобная функция `TimestampDifferenceMilliseconds()`.
- Улучшение логики configure в части выбора `PG_SYSROOT` в macOS (Том Лейн)

  Новый подход с большей вероятностью даст желаемый результат в случаях, когда Xcode новее нижележащей операционной системы. В случае выбора sysroot, не соответствующего версии ОС, скомпилированные программы могут не работать.
- Добавление при сборке в macOS ключа `-isysroot` на этапах компоновки и компиляции (Джеймс Хиллиард)

  Это должно помогать в ситуациях, когда версия Xcode не согласуется с версией операционной системы.
- Исправление компиляции JIT для обеспечение совместимости с LLVM 11 и LLVM 12 (Андрес Фройнд)
- Исправление ошибок в обработке ссылок на логические переменные при компиляции выражений JIT (Андрес Фройнд)

  С мест не поступали сообщения о проявлениях этих ошибок, но они вполне возможны на некоторых архитектурах.
- Исправление ошибки компиляции с ICU версии 68 или новее (Том Лейн)
- Исключение вызова `memcpy()` с равным NULL указателем источника и нулевым размером при создании секционированного индекса (Альваро Эррера)

  Хотя сам по себе такой вызов не считается опасным, некоторые компиляторы полагают, что аргументы `memcpy()` всегда отличны от NULL, и вследствие этого могут некорректно оптимизировать соседний код.
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2021a, включающее изменение правил перехода на летнее время в России (смену часового пояса в Волгограде) и Южном Судане, а также корректировку исторических данных для Австралии, Багам, Белиза, Бермуд, Ганы, Израиля, Кении, Нигерии, Палестины, Сейшел и Вануату (Том Лейн)

  В частности, часовой пояс Australia/Currie был признан равнозначным Australia/Hobart и ненужным.

E.22. Выпуск 13.1

Дата выпуска: 2020-11-12

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 13.0. За информацией о нововведениях версии 13 обратитесь к Разделу E.23.

E.22.1. Миграция на версию 13.1

Если используется версия 13.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

E.22.2. Изменения

- Запрещение конструкции `DECLARE CURSOR ... WITH HOLD` и вызова отложенных триггеров в выражениях индексов и запросов матпредставлений (Ной Миш)

  Устранённая уязвимость по сути позволяла выйти из защищённой среды, в которой выполняются «операции с ограничениями безопасности». Злоумышленник, имеющий право создания не временных SQL-объектов, мог воспользоваться этой уязвимостью для выполнения произвольного SQL-кода от имени суперпользователя.

  Проект PostgreSQL благодарит Этьена Сталманса за сообщение об этой проблеме. (CVE-2020-25695)

- Исправление обработки сложных параметров в строках подключений в программах pg_dump, pg_restore, clusterdb, reindexdb и vacuumdb (Том Лейн)

  В аргументе `-d` программ pg_dump и pg_restore, а также в аргументе `--maintenance-db` других перечисленных программ может задаваться «строка подключения», содержащая не просто имя базы данных, но и другие параметры подключений. В случаях, когда эти программы должны были устанавливать дополнительные соединения, например, для параллельной обработки или работы с несколькими базами, строка соединения терялась, и для дополнительных подключений использовались только основные параметры (адрес и порт сервера, имя базы данных и имя пользователя). Это могло приводить к сбоям подключений, если строка подключения дополнительно содержала существенную информацию, например, изменённые параметры SSL или GSS. Хуже того, успешно установленное соединение могло оказаться незашифрованным (тогда как должно было шифроваться) или подверженным атакам с посредником (которые предотвращались бы при использовании заданных параметров). (CVE-2020-25694)

- Обеспечение использования всех не переопределённых параметров из предыдущей строки соединения при выполнении команды psql `\connect` (Том Лейн)

  Это исправление предотвращает ошибки переподключения, которые могли раньше возникать из-за упущения значимых параметров, например, параметров SSL или GSS. Хуже того, раньше переподключение могло произойти успешно, но при этом оказаться незашифрованным (тогда как должно было шифроваться) или подверженным атакам с посредником (которые предотвращались бы при использовании заданных параметров). По большому счёту это та же проблема, что и описанная выше проблема pg_dump и др., но в случае psql ситуация усложняется тем, что пользователь может намеренно переопределить некоторые параметры соединений. (CVE-2020-25694)

- Недопущение изменения командой psql `\gset` специальных переменных (Ной Миш)

  Команда `\gset` без префикса ранее переопределяла любые переменные по указанию сервера. Таким образом, скомпрометированный сервер мог установить переменную специального назначения, например `PROMPT1`, в результате чего было возможно выполнение произвольного кода оболочки в сеансе пользователя.

  Проект PostgreSQL благодарит Ника Клитона за сообщение об этой проблеме. (CVE-2020-25696)

- Устранение непреднамеренного нарушения протокола репликации (Альваро Эррера)

  Процесс walsender передаёт два события при завершении команды `START_REPLICATION`. Это не было документировано и по-видимому так вышло непреднамеренно; а перед выпуском 13.0 мы не заметили, что одно из последних изменений удалило это повторяющееся событие. Однако выяснилось, что оно было нужно приёмникам wal в некоторых местах кода. С учётом этого самым практичным решением будет сохранить это дополнительное событие в протоколе и вновь передавать его.

- Обеспечение должного сохранения каталогов SLRU на диске во время контрольных точек (Томас Манро)

Тем самым предупреждается риск потери данных в случае последующего сбоя операционной системы.

- Исправление поведения ALTER ROLE для пользователей, имеющих атрибут BYPASSRLS (Том Лейн, Стивен Фрост)

  Атрибут BYPASSRLS у ролей могут изменять только суперпользователи, но другие действия ALTER ROLE, например смена пароля, должны разрешаться и непривилегированным пользователям с учётом обычных ограничений. Предыдущая реализация разрешала любые операции с ролью, имеющей такой атрибут, только суперпользователям.

- Запрещение операции ALTER TABLE ONLY ... DROP EXPRESSION в случае наличия дочерних таблиц (Питер Эйзентраут)

  На данный момент эта операция не обрабатывается корректно, поэтому она просто будет запрещена.

- Предотвращение воздействия ALTER TABLE ONLY ... ENABLE/DISABLE TRIGGER на дочерние таблицы (Альваро Эррера)

  Ранее флаг ONLY не учитывался.

- Устранение ошибки при выполнении LOCK TABLE с представлением, ссылающимся на себя (Том Лейн)

  Ранее такие команды выдавали ошибку с сообщением о бесконечной рекурсии, однако они вполне могут выполняться успешно.

- Сохранение статистики индекса в ходе REINDEX CONCURRENTLY (Микаэль Пакье, Фабрицио де Ройес Мелло)

  Такая статистика всегда сохранялась при блокирующем перестроении индексов.

- Исправление процедуры информирования о прогрессе операции REINDEX CONCURRENTLY (Маттиас ван де Меент, Микаэль Пакье)

- Пересчёт генерируемых столбцов (GENERATED) в случае изменения столбцов, от которых зависят первые, посредством правил или в изменяемом представлении (Том Лейн)

  Это исправление также гарантирует в подобных случаях корректное срабатывание триггера, привязанного к столбцу.

- Устранение ошибок, возникавших с выражениями границ секций, зависящими от правил сортировки (Том Лейн)

- Поддержка хеширования текстовых массивов (Питер Эйзентраут)

  Ранее хеширование массива было невозможно, если тип элемента массива был сортируемым. А именно, невозможно было использовать секционирование по хешу, если ключом секционирования был столбец с массивом текстовых элементов.

- Предотвращение внутреннего переполнения при межтиповых сравнениях даты/времени (Никита Глухов, Александр Коротков, Том Лейн)

  Ранее при сравнении значения даты с датой/временем могла произойти ошибка, если дата оказывалась вне диапазона допустимых значений даты/времени. Также в особых случаях были возможны переполнения значений даты/времени, близких к граничным, при пересчёте часовых поясов.

- Исправление ошибки со сдвигом на один отрицательных значений, соответствующих годам до н. э. в функциях to_date() и to_timestamp() (Дар Альятар-Йемен, Том Лейн)

  Кроме того, отрицательное значение года с явным указанием «BC» (до н. э.) теперь становится положительным, относящимся к н. э.

- Поддержка в методе `jsonpath .datetime()` значений даты/времени, заданных в формате ISO 8601 (Никита Глухов)

  Этого не требует стандарт SQL, но такая возможность кажется уместной, так как наши функции `to_json()` используют этот формат для совместимости с Javascript.

- Обеспечение архивирования файлов истории линий времени вместе с WAL на ведомых серверах при выбранном в `archive_mode` режиме `always` (Григорий Смолкин, Фудзии Масао)

  Вследствие устранённого теперь упущения можно было лишиться возможности восстановления на момент времени (PITR).

- Исправление отслеживания нештатного отключения процесса postmaster на платформах, где используется `kqueue()` (Томас Манро)
- Недопущение выбора плана инкрементальной сортировки в случаях, когда ключом сортировки является изменчивое выражение (Джеймс Коулман)
- Устранение возможности сбоя при рассмотрении GEQO-оптимизатором соединений с учётом секционирования (Том Лейн)
- Предотвращение бесконечного цикла или получения испорченных данных в процедуре распаковки TOAST (Том Лейн)
- Исправление подсчёта количества элементов в индексах-B-деревьях при выполнении только уборки в ходе `VACUUM` (Питер Гейган)
- Обеспечение распаковки данных перед добавлением их в индекс BRIN (Томаш Вондра)

  В элементах индексов не должны содержаться указатели на внешние данные TOAST, однако в реализации BRIN это не учли. Вследствие этого могли возникать ошибки «missing chunk number 0 for toast value NNN» (отсутствует порция номер 0 для TOAST-значения NNN). (Если вы столкнулись с такой ошибкой в существующем индексе, для устранения её должно быть достаточно выполнить `REINDEX`.)

- Исправление буферизованного построения индексов GiST, содержащих неключевые столбцы (Павел Борисов)
- Исправление непереносимого использования `getnameinfo()` в реализации представления `pg_hba_file_rules` (Том Лейн)

  Из-за ликвидированной теперь ошибки на FreeBSD 11 и возможно других платформах столбцы `address` и `netmask` в этом представлении всегда содержали null.

- Предотвращение сбоя при запуске параллельных исполнителей, происходившего, когда переменная `debug_query_string` равна NULL (Ной Миш)
- Предупреждение сбоев в ситуациях, когда триггер `BEFORE ROW UPDATE` просто возвращает «старую» строку таблицы с удалёнными или «отсутствующими» столбцами (Амит Ланготе, Том Лейн)

  При таком способе подавления изменений данных можно было получить сбои, неожиданные ошибки ограничений `CHECK` или неверные результаты с `RETURNING`, так как для этих целей «отсутствующие» столбцы воспринимаются как содержащие NULL. (В данном случае столбец считается «отсутствующим», если он был добавлен командой `ALTER TABLE ADD COLUMN` со значением по умолчанию, постоянным и отличным от NULL.) Также проблемы могли возникать с удалёнными столбцами.

- Исправление в XML-выводе `EXPLAIN` вложения тегов для планов инкрементальной сортировки (Даниэль Густафссон)
- Избавление от неоправданной ошибки при передаче очень большого объёма данных через очереди в разделяемой памяти (Маркус Ваннер)
- Устранение упущения с приведением типа результата в функциях на языке SQL в некоторых случаях (Том Лейн)

В результате этого упущения могли выдаваться неверные результаты или происходить сбои, в зависимости от задействованных типов данных.

- Исправление некорректной обработки атрибутов шаблонных функций при генерировании JIT-кода (Андрес Фройнд)

  Сбои вследствие некорректной обработки наблюдались на платформе `s390x`, но вполне вероятно, что подобное могло иметь место и на других платформах.

- Улучшение кода, генерируемого для операций compare_exchange и fetch_add на PPC (Ной Миш)
- Устранение утечек памяти в кеше отношений при использовании политик RLS (Том Лейн)
- Ликвидация утечки памяти в особых случаях в функции `index_get_partition()` (Джастин Призби)
- Устранение небольшой утечки памяти при обработке сигнала SIGHUP, возникавшей с новыми значениями GUC-переменных, которые нельзя изменить без перезагрузки (Том Лейн)
- Ликвидация утечек памяти при обработки команды `CALL` в PL/pgsql (Павел Стехуле, Том Лейн)
- Отказ в libpq для Windows от вызовов `WSACleanup()` и сведение вызовов `WSAStartup()` к одному единственному для процесса (Том Лейн, Александр Лахин)

  Ранее libpq вызывала `WSAStartup()` при установлении каждого соединения, а `WSACleanup()` — при закрытии соединения. Однако как оказалось, вызов `WSACleanup()` может повлиять на другие операции программы, а именно, мы иногда наблюдали исчезновение ожидаемого вывода программы. По всей видимости, ликвидация этого вызова не должна иметь никаких побочных эффектов, поэтому он был удалён. (Это также способствует повышению производительности, если программа устанавливает множество подключений к серверу, так как она не будет постоянно загружать и выгружать DLL.)

- Исправление логики инициализации потоков в библиотеке ecpg для Windows (Том Лейн, Александр Лахин)

  Из-за некорректной установки блокировок многопоточные приложения ecpg при редком стечении обстоятельств могли работать некорректно.

- Исправление некорректной обработки в ecpg строк `B'...'` и `X'...'` (Шеньхао Ван)
- Смена в Windows режима чтения вывода команды «обратный апостроф» в psql с двоичного на текстовый (Том Лейн)

  Благодаря этому будут корректно обрабатываться символы новой строки.

- Включение в pg_dump сбора информации о столбцах в таблицах конфигурации расширений (Фабрицио де Ройес Мелло, Том Лейн)

  Из-за отсутствия этой информации происходили сбои при загрузке данных таблицы, выгруженных с указанием `--inserts` или с неполными (хотя обычно корректными) командами `COPY`.

- Добавление в pg_upgrade проверки существования каталогов табличных пространств в целевом кластере (Брюс Момджян)
- Устранение возможности утечки памяти в `contrib/pgcrypto` (Микаэль Пакье)
- Добавление проверки на случай маловероятной ошибки во время выполнения в `contrib/pgcrypto` (Даниэль Густафссон)
- Исправление недавно добавленных в тесты проверок `timetz`, которые работали только когда в США действовало летнее время (Том Лейн)
- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2020d, включающее изменение правил перехода на летнее время на Фиджи, в Марокко, Палестине, канадском Юконе, на острове Маккуори и на станции Кейси (Антарктика), а также корректировку исторических данных для Франции, Венгрии, Монако и Палестины.

- Синхронизация нашей копии библиотеки timezone с выпущенной IANA версией tzcode 2020d (Том Лейн)

  С этой версией к нам попало изменение выбираемого по умолчанию формата вывода zic с «fat» (расширенный) на «slim» (минимальный). Для наших целей это не имеет практического значения, так как мы продолжаем использовать формат «fat» в версиях ниже 13. Также теперь гарантируется, что `strftime()` будет менять значение `errno`, только если произойдёт ошибка.

E.23. Выпуск 13

Дата выпуска: 2020-09-24

E.23.1. Обзор

PostgreSQL 13 содержит много новых возможностей и улучшений, в том числе:

- Экономия дискового пространства и увеличение быстродействия за счёт исключения дубликатов в индексах-B-деревьях
- Увеличение производительности запросов в части использования секционированных таблиц и агрегатных функций
- Улучшение планов запросов с использованием расширенной статистики
- Распараллеливание очистки индексов
- Инкрементальная сортировка

Предыдущие пункты и другие новые возможности PostgreSQL 13 более подробно описаны в следующих разделах.

E.23.2. Миграция на версию 13

Тем, кто хочет перенести данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью pg_dumpall либо использовать pg_upgrade или логическую репликацию. Общую информацию о переходе на более новую основную версию можно найти в Разделе 18.6.

В версии 13 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Рассмотрите следующие несовместимые аспекты:

- Команда `SIMILAR TO ... ESCAPE NULL` теперь возвращает `NULL` (Том Лейн)

  Новое поведение соответствует стандарту SQL. Ранее `ESCAPE` NULL воспринималось как указание использовать спецсимвол по умолчанию (обратную косую черту). Это также касается функции `substring(`*`текст`*` FROM `*`шаблон`*` ESCAPE `*`текст`*`)`. Предыдущее поведение будет сохранено в ранее созданных представлениях, для этого оставлена исходная функция.

- Дополнение проверки слова `string` в функциях `json[b]_to_tsvector()` (Доминик Чарнота)
- Изменение зависимости степени параллельности от значений effective_io_concurrency (Томас Манро)

  Ранее значение этого параметра пересчитывалось и влияло на число параллельных операций косвенно, теперь же оно используется непосредственно. При этом влияние значения по умолчанию не изменилось. Преобразовать старые значения в новые можно по формуле:

  ```
  SELECT round(sum(СТАРОЕ_ЗНАЧЕНИЕ / n::float)) AS newvalue FROM
   generate_series(1, СТАРОЕ_ЗНАЧЕНИЕ) s(n);
  ```

- Исключение вспомогательных процессов из системных представлений pg_stat_ssl и pg_stat_gssapi (Эйлер Тавейра)

  В запросах, которые соединяют эти представления с pg_stat_activity, ожидая получить информацию и о таких процессах, теперь нужно будет использовать левые соединения.

- Переименование различных событий ожидания для единообразия (Фудзии Масао, Том Лейн)
- Смена тега, выдаваемого командой ALTER FOREIGN TABLE ... RENAME COLUMN, на более подходящий (Фудзии Масао)

  Теперь она будет выдавать тег ALTER FOREIGN TABLE вместо ALTER TABLE.
- Смена тега, выдаваемого командой ALTER MATERIALIZED VIEW ... RENAME COLUMN, на более подходящий (Фудзии Масао)

  Теперь она будет выдавать тег ALTER MATERIALIZED VIEW вместо ALTER TABLE.
- Переименование параметра конфигурации wal_keep_segments в wal_keep_size (Фудзии Масао)

  Этот параметр определяет объём WAL, который нужно сохранять для ведомых серверов, в мегабайтах, а не в количестве файлов, как старый параметр. Если ранее вы использовали wal_keep_segments, соответствующее значение нового параметра можно вычислить так:

  ```
  wal_keep_size = wal_keep_segments * wal_segment_size (обычно 16 Мбайт)
  ```
- Прекращение поддержки определения классов операторов с использованием синтаксиса, который был принят в PostgreSQL до версии 8.0 (Даниэль Густафссон)
- Прекращение поддержки определения ограничений внешнего ключа с использованием синтаксиса, который был принят в PostgreSQL до версии 7.3 (Даниэль Густафссон)
- Прекращение поддержки псевдотипов «opaque», необходимых для серверов PostgreSQL до версии 7.3 (Даниэль Густафссон)
- Прекращение поддержки обновления неупакованных (созданных до версии 9.1) расширений (Том Лейн)

  Указание FROM команды CREATE EXTENSION более не поддерживается. Там, где по-прежнему используются неупакованные расширения, их нужно заменить упакованными, прежде чем производить обновление PostgreSQL до версии 13.
- Ликвидация поддержки файлов posixrules в базе часовых поясов (Том Лейн)

  Координаторы базы часовых поясов IANA признали эту функциональность устаревшей; таким образом, она будет постепенно уходить из баз данных в составе операционных систем на протяжении нескольких лет. Мы решили отказаться от поддержки этой функциональности в 13 версии PostgreSQL, не дожидаясь, когда она будет вдруг ликвидирована в одном из обновлений базы часовых поясов. Это изменение касается только указаний часовых поясов в стиле POSIX, в которых нельзя явно задать правило перехода на летнее время; ранее нужное правило можно было определить, установив собственный файл posixrules, но теперь оно зашито в коде. В инсталляциях, которые зависят от старой функциональности, рекомендуется перейти к использованию географического названия часового пояса.
- Исправление в ltree интерпретации смежных звёздочек с фигурными скобками в путях lquery; например, путь *{2}.*{3} должен восприниматься как *{5} (Никита Глухов)
- Смена типов, выдаваемых функцией bt_metap() модуля pageinspect, на более подходящие в целях исключения переполнений (Питер Гейган)

E.23.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и выпуском PostgreSQL 13.

E.23.3.1. Сервер

E.23.3.1.1. Секционирование

- Увеличение числа случаев, когда может иметь место отсечение секций (Юзуко Хосоя, Амит Ланготе, Альваро Эррера)

- Поддержка соединения с учётом секционирования в большем числе случаев (Ашутош Бапат, Эцуро Фудзита, Амит Ланготе, Том Лейн)

  Например, теперь такие соединения возможны даже между секционированными таблицами, границы секций в которых не совпадают в точности.

- Добавление поддержки триггеров BEFORE уровня строк в секционированных таблицах (Альваро Эррера)

  Заметьте, что в таких триггерах нельзя изменить целевую секцию строки.

- Реализация возможности логической репликации секционированных таблиц через публикации (Амит Ланготе)

  Ранее секции надо было реплицировать индивидуально, но теперь можно явно опубликовать секционированную таблицу, и при этом автоматически будут опубликованы все её секции. При добавлении/удалении секций из секционированных таблиц они так же автоматически будут добавляться/удаляться из публикаций. Будут ли изменения в секциях публиковаться на уровне секций или на уровне родителя, определяет параметр `publish_via_partition_root` команды `CREATE PUBLICATION`.

- Поддержка логической репликации в секционированные таблицы на стороне подписчика (Амит Ланготе)

  Ранее подписчики могли получать строки только в несекционированные таблицы.

- Поддержка использования переменных вида *таблица*.* (включающих всю строку) в секционирующих выражениях (Амит Ланготе)

E.23.3.1.2. Индексы

- Более эффективное хранение дубликатов в индексах-B-деревьях (Анастасия Лубенникова, Питер Гейган)

  Хранение повторяющихся ключей в единственном экземпляре позволяет оптимизировать индексы-B-деревья, построенные по столбцам, имеющим малую мощность. Пользователи, мигрирующие на новую версию посредством pg_upgrade, должны выполнить `REINDEX` для существующих индексов, чтобы задействовать для них эту оптимизацию.

- Возможность использования индексов GiST и SP-GiST по столбцам `box` для поддержки запросов `ORDER BY` *прямоугольник* `<->` *точка* (Никита Глухов)

- Более эффективная обработка операторов `!` (НЕ) в запросах `tsquery` с использованием индексов GIN (Никита Глухов, Александр Коротков, Том Лейн, Жюльен Руо)

- Возможность определения параметров для классов операторов в индексах (Никита Глухов)

- Возможность указания в `CREATE INDEX` размера сигнатуры и максимального количества целочисленных диапазонов для GiST (Никита Глухов)

  В индексах по столбцам tsvector, pg_trgm, ltree, hstore и массивам с четырёх- и восьмибайтовыми целыми теперь можно сменить подразумеваемые значения этих параметров GiST на более подходящие.

- Недопущение добавления индексов, использующих нестандартные правила сортировки, в ограничения уникальности или первичного ключа (Том Лейн)

  Для индекса и для нижележащего столбца должно быть задано одно правило сортировки, однако раньше команда `ALTER TABLE` это не контролировала.

E.23.3.1.3. Оптимизатор

- Улучшение в оптимизаторе оценки избирательности для операторов включения/совпадения (Том Лейн)

- Возможность определения ориентиров статистики для объектов расширенной статистики (Томаш Вондра)

  Для этого предназначен новый вариант команды `ALTER STATISTICS ... SET STATISTICS`. Ранее эти значения выбирались исходя из более общих ориентиров статистики.

- Возможность использования нескольких объектов расширенной статистики в одном запросе (Томаш Вондра)
- Возможность использования объектов расширенной статистики для предложений OR и условий IN/`ANY` со списком констант (Пьер Дюкроке, Томаш Вондра)
- Возможность встраивания (подтягивания в место использования) функций, фигурирующих в предложении `FROM`, если они сводятся к константе (Александр Кузьменков, Александр Парфёнов)

E.23.3.1.4. Общая производительность

- Реализация инкрементальной сортировки (Джеймс Коулман, Александр Коротков, Томаш Вондра)

  Если известно, что промежуточный результат запроса упорядочен по одному или нескольким начальным ключам запрошенного порядка сортировки, дополнительную сортировку можно выполнить, рассмотрев только оставшиеся ключи. Для этого строки должны быть собраны в группы с одинаковыми значениями начальных ключей.

  Изменить это поведение при необходимости позволяет параметр enable_incremental_sort.

- Ускорение сортировки значений inet (Брандур Лич)
- Возможность использования дискового хранилища для агрегирования по хешу при обработке большого объёма результатов (Джефф Девис)

  Ранее агрегирование по хешу выбиралось, только если расчётное количество необходимой для него памяти не превышало work_mem. Теперь же такого ограничения нет. Если объём хеш-таблицы превысит значение `work_mem`, умноженное на hash_mem_multiplier, она будет вытеснена на диск.

  Это поведение в большинстве случаев должно быть лучше старого, когда после выбора варианта агрегирования по хешу хеш-таблица должна была находиться в памяти, какой бы большой она ни была (при ошибке планировщика она могла оказаться очень объёмной). Но при необходимости подобное прежнему поведение можно получить, увеличив `hash_mem_multiplier`.

- Возможность запуска автоочистки в процессе autovacuum в зависимости от числа добавленных строк, а не только от числа удалённых или изменённых (Лауренц Альбе, Дорофей Пролесковский)

  Ранее, если строки только добавлялись в таблицу, могла вызываться процедура автоанализа, но не процедура автоочистки, из тех соображений, что при этом не появляются «мёртвые» кортежи, которые нужно удалять. Однако сканирование в процессе очистки полезно и тем, что в ходе его выполнения устанавливаются биты полностью видимых страниц, позволяющие увеличить эффективность сканирования только по индексу. Кроме того, когда таблицу, в которую только добавляются записи, периодически обрабатывает процедура очистки, это способствует распределению работы по «замораживанию» старых кортежей, что позволяет избежать необходимости экстренно обрабатывать сразу всю таблицу для предотвращения зацикливания транзакций.

  При необходимости это поведение можно скорректировать, воспользовавшись новыми параметрами autovacuum_vacuum_insert_threshold и autovacuum_vacuum_insert_scale_factor или аналогичными параметрами хранения таблицы.

- Добавление параметра maintenance_io_concurrency для управления степенью параллельности ввода/вывода при выполнении операций обслуживания (Томас Манро)

- Возможность обойтись без записи в WAL во время транзакции, которая создаёт или полностью переписывает отношение, при wal_level равном minimal (Кётаро Хоригути)

  Отношения, объём которых превышает wal_skip_threshold, теперь могут сразу сбрасываться в файловую систему в обход WAL. Ранее это делалось только при выполнении COPY, но в прежней реализации обнаружился дефект, чреватый потерей данных при восстановлении после сбоя.
- Ускорение воспроизведения команд DROP DATABASE в случае использования множества табличных пространств (Фудзии Масао)
- Ускорение операции опустошения очень больших отношений (Кирк Джемисон)
- Оптимизация извлечения начальных байтов из значений TOAST (Бинго Бао, Андрей Бородин)

  Ранее сжатые отдельно значения TOAST считывались полностью, даже когда было известно, что потребуются только несколько начальных байт. Теперь считываться будут только те данные, которые нужны для получения результата.
- Оптимизация производительности команд LISTEN/NOTIFY (Мартейн Ван Остерхаут, Том Лейн)
- Ускорение перевода целых чисел в текстовый вид (Давид Феттер)
- Уменьшение объёма памяти, который занимают обрабатываемые строки запросов и скрипты расширений, содержащие множество SQL-операторов (Амит Ланготе)

E.23.3.1.5. Мониторинг

- Возможность отслеживания статистики использования WAL, в том числе при автоочистке, в EXPLAIN, auto_explain и в pg_stat_statements (Кирилл Бычик, Жюльен Руо)
- Возможность протоколирования не всех, а только выборочного множества SQL-операторов (Адриен Найрат)

  В журнал будет вноситься задаваемая параметром log_statement_sample_rate доля от всех операторов, длительность которых превышает log_min_duration_sample.
- Добавление типа обслуживающего процесса в формат csvlog и возможность добавления этого типа в log_line_prefix (Питер Эйзентраут)
- Гибкое управление выводом параметров подготовленных операторов, вносимых в журнал (Алексей Баштанов, Альваро Эррера)

  Новый параметр GUC log_parameter_max_length_on_error задаёт максимальную длину для значений параметров оператора, который вносится в журнал по причине ошибки, а log_parameter_max_length ограничивает длину параметров для оператора, вносимого по другим причинам. Ранее в случае ошибок параметры подготовленных операторов никогда не выводились в журнал.
- Возможность добавления в журнал стека вызовов после возникновения ошибки (Питер Эйзентраут, Альваро Эррера)

  Для каких функций в коде C должен записываться стек в случае ошибки в них, определяется новым параметром backtrace_functions.
- Перевод счётчиков использования буферов при очистке на 64-битные целые во избежание переполнения (Альваро Эррера)

E.23.3.1.6. Системные представления

- Добавление в представление pg_stat_activity поля leader_pid, позволяющего определить ведущий процесс для параллельных исполнителей (Жюльен Руо)
- Добавление системного представления pg_stat_progress_basebackup для наблюдения за передачей потока данных в ходе базового копирования (Фудзии Масао)
- Добавление системного представления pg_stat_progress_analyze для наблюдения за выполнением команды ANALYZE (Альваро Эррера, Тацуро Ямада, Винаяк Покале)

- Добавление системного представления pg_shmem_allocations для отслеживания использования общей памяти (Андрес Фройнд, Роберт Хаас)
- Добавление системного представления pg_stat_slru для наблюдения за внутренними SLRU-кешами (Томаш Вондра)
- Увеличение максимально допустимого значения track_activity_query_size до 1 Мбайта (Вячеслав Макаров)

  Ранее верхний предел равнялся 100 килобайтам.

E.23.3.1.7. События ожидания

- Добавление события ожидания, связанного с выделением DSM-сегмента функцией `posix_fallocate()` (Томас Манро)
- Добавление события ожидания VacuumDelay, представляющего задержку очистки по стоимости (Джастин Призби)
- Добавление событий ожидания, представляющих паузы в процессе архивирования и восстановления WAL (Фудзии Масао)

  Новые события называются BackupWaitWalArchive и RecoveryPause.
- Добавление событий ожидания RecoveryConflictSnapshot и RecoveryConflictTablespace для наблюдения за конфликтами восстановления (Масахико Савада)
- Оптимизация производительности при обработке событий ожидания в системах на базе BSD (Томас Манро)

E.23.3.1.8. Аутентификация

- Недопущение чтения параметра ssl_passphrase_command обычными пользователями (Инсон Мун)

  Доступ к нему был ограничен из соображений безопасности.
- Смена выбираемой сервером по умолчанию минимальной версии протокола защиты соединений TLS с 1.0 на 1.2 (Питер Эйзентраут)

  Выбрать другую версию позволяет параметр ssl_min_protocol_version.

E.23.3.1.9. Конфигурация сервера

- Усиление ограничений, при которых допускается выполнение служебных команд в транзакции без записи (Роберт Хаас)

  Вместе с тем увеличено количество служебных команд, которые могут выполняться в параллельных запросах.
- Добавление возможности изменения параметра allow_system_table_mods после запуска сервера (Питер Эйзентраут)
- Предотвращение изменения системных таблиц обычными пользователями при установленном параметре allow_system_table_mods (Питер Эйзентраут)

  Ранее, если при запуске сервера был установлен параметр allow_system_table_mods, обычные пользователи могли выполнять операции `INSERT`/`UPDATE`/`DELETE` с системными таблицами.
- Реализация поддержки Unix-сокетов в Windows (Питер Эйзентраут)

E.23.3.2. Потоковая репликация и восстановление

- Применение изменённых параметров потоковой репликации при перезагрузке конфигурации (Сергей Корнилов)

  Ранее для изменения действующих значений primary_conninfo и primary_slot_name требовалось перезапустить сервер.

- Возможность использования WAL-приёмниками временного слота репликации в ситуациях, когда постоянный слот не определён (Питер Эйзентраут, Сергей Корнилов)

  Новое поведение включается параметром wal_receiver_create_temp_slot.

- Ограничение объёма хранилища WAL, требуемого для слотов репликации, параметром max_slot_wal_keep_size (Кётаро Хоригути)

  Слоты репликации, которым заданного объёма недостаточно, помечаются как нерабочие.

- Отмена паузы при поступлении признанного более приоритетным запроса на повышение ведомого (Фудзии Масао)

  До этого нельзя было перейти к повышению непосредственно из состояния паузы.

- Завершение восстановления ошибкой в случаях, когда заданная цель восстановления не достигается (Лейф Гуннар Эрландсен, Питер Эйзентраут)

  Ранее сервер успешно повышался, доходя до конца WAL, даже если заданная цель не была достигнута.

- Ограничение объёма памяти, выделяемой для логического декодирования, после превышении которого данные вытесняются на диск (Томаш Вондра, Дилип Кумар, Амит Капила)

  Этот объём задаётся параметром logical_decoding_work_mem.

- Возможность продолжения восстановления даже при обнаружении в WAL ссылок на неверные страницы (Фудзии Масао)

  Для включения этой возможности предназначен параметр ignore_invalid_pages.

E.23.3.3. Служебные команды

- Возможность параллельной обработки индексов одной таблицы в ходе `VACUUM` (Масахико Савада, Амит Капила)

  Этой возможностью управляет новый параметр `PARALLEL`.

- Дополнение предложения `FETCH FIRST` указанием `WITH TIES`, позволяющим получить все дополнительные строки, совпадающие с последней строкой результата (Сурафел Темесген)

- Добавление в вывод `EXPLAIN` с указанием `BUFFER` сведений об использования буферов во время планирования (Жюльен Руо)

- Обеспечение переноса командой `CREATE TABLE LIKE` свойства `NO INHERIT`, которое может быть у ограничений, в создаваемую таблицу (Ильдар Мусин, Крис Трэверс)

- Избавление от проверок разрешений в подчинённых таблицах при выполнении `LOCK TABLE` для секционированной таблицы (Амит Ланготе)

- Поддержка указания `OVERRIDING USER VALUE` при добавлении данных в столбцы идентификации (Дин Рашид)

- Добавление конструкции `ALTER TABLE ... DROP EXPRESSION`, позволяющей убрать у столбца свойство `GENERATED` (Питер Эйзентраут)

- Исправление ошибок в поведении многоэтапных команд `ALTER TABLE` (Том Лейн)

  Предложения `IF NOT EXISTS` теперь работают ожидаемым образом, то есть вторичные действия (например, создание индекса) не выполняются, если столбец уже существует. Кроме того, теперь корректно выполняются некоторые сочетания действий `ALTER TABLE`, которые раньше не работали.

- Добавление в синтаксис `ALTER VIEW` возможности переименования столбцов представления (Фудзии Масао)

Переименовать столбцы представления можно было и раньше, но только с помощью команды ALTER TABLE RENAME COLUMN, что вносило путаницу.

- Добавление в ALTER TYPE возможности изменять характеристики TOAST и опорные функции для базовых типов (Томаш Вондра, Том Лейн)
- Добавление в CREATE DATABASE параметра LOCALE (Питер Эйзентраут)

  В новом параметре объединены два ранее существовавших параметра LC_COLLATE и LC_CTYPE.
- Реализация в DROP DATABASE возможности принудительно удалить базу, отключив от неё пользователей (Павел Стехуле, Амит Капила)

  Для такого удаления предназначено указание FORCE.
- Добавление во внутреннюю структуру поля tg_updatedcols, из которого триггеры на C, обрабатывающие изменения, могут узнать, какие столбцы были изменены (Питер Эйзентраут)

E.23.3.4. Типы данных

- Добавление новых полиморфных типов данных, полезных для функций, принимающих совместимые аргументы (Павел Стехуле)

  А именно, добавлены типы anycompatible, anycompatiblearray, anycompatiblenonarray и anycompatiblerange.
- Добавление SQL-типа xid8 для представления полных идентификаторов транзакций (Томас Манро)

  Существовавший и ранее тип xid имеет размер всего 4 байта и не вмещает эпоху транзакции.
- Добавление типа данных regcollation и вспомогательных функций, представляющих в понятном виде OID правил сортировки (Жюльен Руо)
- Использование версии gcc в качестве идентификатора версии правила сортировки там, где это уместно (Томас Манро)

  Теперь при смене версии glibc будет выдаваться предупреждение о возможном повреждении индексов, зависящих от правил сортировки.
- Поддержка версионирования правил сортировки в Windows (Томас Манро)
- Возможность извлечения членов выражений ROW с использованием суффиксной записи (Том Лейн)

  Например, результатом выражения (ROW(4, 5.0)).f1 будет 4.

E.23.3.5. Функции

- Добавление альтернативного варианта jsonb_set() с расширенной обработкой NULL (Эндрю Дунстан)

  Новая функция jsonb_set_lax(), получая NULL в качестве нового значения, может по выбору вызывающего присвоить JSON-значение null заданному ключу, удалить ключ, выдать исключение или возвратить неизменённое значение jsonb.
- Добавление в jsonpath метода .datetime() (Никита Глухов, Фёдор Сигаев, Олег Бартунов, Александр Коротков)

  Этот метод позволяет преобразовывать значения JSON в значения времени, которыми затем можно оперировать в выражениях jsonpath. При этом также добавлены функции jsonpath, выдающие результат с учётом часового пояса.
- Добавление SQL-функции NORMALIZE() для нормализации строк в Unicode и конструкции IS NORMALIZED для проверки нормализации (Питер Эйзентраут)

- Добавление агрегатных функций `min()` и `max()` для типа `pg_lsn` (Фабрицио де Ройес Мелло)

  Они могут быть полезны прежде всего в запросах, выполняемых в целях мониторинга.

- Возможность указания в виде спецпоследовательности Unicode (например, `E'\unnnn'` или `U&'\nnnn'`) любого символа, допустимого в кодировке базы данных, даже если это не UTF-8 (Том Лейн)

- Добавление в `to_date()` и `to_timestamp()` возможности распознавать не только английские названия дней недели/месяцев (Хуан Хосе Сантамария Флеча, Том Лейн)

  Допустимыми будут те же названия, что выводит функция `to_char()` с теми же шаблонами формата.

- Добавление шаблонов формата даты/времени `FF1` – `FF6` для ввода или вывода от 1 до 6 цифр в дробной части секунд (Александр Коротков, Никита Глухов, Фёдор Сигаев, Олег Бартунов)

  Такие шаблоны могут приниматься функциями `to_char()`, `to_timestamp()`, а также методом jsonpath `.datetime()`.

- Добавление шаблона формата даты/времени `SSSSS` в качестве соответствующего стандарту SQL синонима для `SSSS` (Никита Глухов, Александр Коротков)

- Реализация функции `gen_random_uuid()`, генерирующей UUID версии 4 (Питер Эйзентраут)

  Ранее сгенерировать UUID можно было только дополнительными функциями, реализованными во внешних модулях uuid-ossp и pgcrypto.

- Добавление функций `gcd` и `lcm`, вычисляющих наибольший общий делитель и наименьшее общее кратное, соответственно (Вик Фиринг)

- Увеличение быстродействия и точности вычисления квадратного корня (`sqrt`) и натурального логарифма (`ln`) для значений `numeric` (Дин Рашид)

- Реализация функции `min_scale()`, которая выдаёт количество цифр справа от десятичной точки, необходимое для представления значения `numeric` с полной точностью (Павел Стехуле)

- Реализация функции `trim_scale()`, которая уменьшает масштаб значения `numeric`, убирая конечные нули (Павел Стехуле)

- Добавление коммутативных операторов к операторам, вычисляющим расстояние (Никита Глухов)

  Например, до этого поддерживалась только операция `point <-> line`, а теперь поддерживается и `line <-> point`.

- Создание для всех функций, работающих с идентификаторами транзакций, аналогов, оперирующих типом `xid8` (Томас Манро)

  Старые функции, оперирующие типом `xid`, сохранены для обратной совместимости.

- Реализация в функциях `get_bit()` и `set_bit()` возможности обращаться к битам за пределами первых 256 Мбайт значения `bytea` (Мувад Ли)

- Возможность использования функций рекомендательных блокировок в некоторых выполняемых параллельно операциях (Том Лейн)

- Добавление возможности удалить зависимость объекта от расширения (Альваро Эррера)

  Для этого предусмотрен синтаксис `ALTER .. NO DEPENDS ON`. Объектом в данном случае может быть функция, материализованное представление, индекс или триггер.

E.23.3.6. PL/pgSQL

- Ускорение выполнения простых выражений PL/pgSQL (Том Лейн, Амит Ланготе)

- Ускорение выполнения функций на PL/pgSQL, в которых используются постоянные выражения (Константин Книжник)

E.23.3.7. Клиентские интерфейсы

- Предоставление клиентам libpq возможности затребовать связывание каналов для шифрованных соединений (Джефф Девис)

  Добавленный в libpq параметр соединения `channel_binding` требует от другой стороны TLS-соединения доказательства того, что она знает пароль пользователя. Это предотвращает атаки с посредником.

- Добавление в libpq параметров соединения, задающих минимальную и максимальную версию TLS, допустимую для шифрования подключений (Даниэль Густафссон)

  Новые параметры называются ssl_min_protocol_version и ssl_max_protocol_version, соответственно. Минимальной допустимой версией TLS теперь считается 1.2 (тем самым меняется поведение по сравнению с предыдущими выпусками).

- Добавление возможности указания паролей, разблокирующих клиентские сертификаты (Крейг Рингер, Эндрю Дунстан)

  Для этого предназначен параметр подключения libpq sslpassword.

- Поддержка в libpq клиентских сертификатов в кодировке DER (Крейг Рингер, Эндрю Дунстан)
- Исправление работы указания `EXEC SQL elif` в ecpg (Том Лейн)

  Ранее оно работало как `endif` с последующим `ifdef`, так что предыдущее попадание в положительную ветвь в том же `if` не исключало попадание в ветвь `elif` или последующие ветви.

E.23.3.8. Клиентские приложения

- Добавление признака состояния транзакции (`%x`) в стандартные приглашения psql (Вик Фиринг)
- Возможность задать дополнительное приглашение psql, которое будет пустым, но его ширина будет совпадать с шириной основного (Томас Манро)

  Для этого в переменной `PROMPT2` нужно указать `%w`.

- Возможность изменить в командах psql `\g` и `\gx` параметры вывода \pset на время выполнения данной команды (Том Лейн)

  Это позволяет, например, записать `\g (expand=on)`, что будет равнозначно команде `\gx`.

- Добавление в psql команд для вывода информации о классах операторов и семействах операторов (Сергей Черкашин, Никита Глухов, Александр Коротков)

  А именно, добавлены команды `\dAc`, `\dAf`, `\dAo` и `\dAp`.

- Отображение характеристики хранения отношения в команде psql `\dt+` и связанных командах (Давид Феттер)

  В режиме детализации теперь будет показываться, является ли отношение (таблица/индекс/представление) постоянным, временным или нежурналируемым.

- Улучшение вывода команды psql `\d` для TOAST-таблиц (Джастин Призби)
- Усовершенствование вывода в psql после команды `\e` (Том Лейн)

  Теперь при выходе из редактора, если введённый запрос завершается не командой `\g` или точкой с запятой, будет выводиться содержимое буфера запроса.

- Добавление в psql команды `\warn` (Давид Феттер)

Эта команда выводит текст подобно \echo, но не в stdout, а в stderr.

- Добавление ссылки на домашнюю страницу PostgreSQL в справку, выводимую с ключом --help (Питер Эйзентраут)

E.23.3.8.2. pgbench

- Добавление в pgbench возможности сделать таблицу «accounts» секционированной (Фабьен Коэльо)

  Благодаря этому можно протестировать производительность механизма секционирования.

- Добавление в pgbench команды \aset, подобной \gset, но рассчитанной на несколько запросов (Фабьен Коэльо)
- Реализация в pgbench возможности генерировать начальные данные на стороне сервера, а не на стороне клиента (Фабьен Коэльо)
- Добавление в pgbench вывода содержимого скрипта с аргументом --show-script (Фабьен Коэльо)

E.23.3.9. Серверные приложения

- Формирование манифестов копий при выполнении базового копирования, а также проверка копий по этим манифестам (Роберт Хаас)

  Новое средство pg_verifybackup, предназначенное для проверки копий.

- Выполнение в pg_basebackup расчёта общего размера копии по умолчанию (Фудзии Масао)

  Полученный результат позволяет показать процесс копирования в pg_stat_progress_basebackup. Если это не требуется, этот расчёт можно отключить, воспользовавшись аргументом --no-estimate-size. Ранее этот расчёт производился только при добавлении аргумента --progress.

- Добавление в pg_rewind ключа для формирования конфигурации ведомого сервера (Пол Гуо, Джимми Йи, Ашвин Агравал)

  Новый ключ --write-recovery-conf соответствует одноименному ключу pg_basebackup.

- Возможность использования в pg_rewind команды restore_command, заданной в целевом кластере, для получения необходимых сегментов WAL (Алексей Кондратов)

  Новое поведение включается ключом -c/--restore-target-wal.

- Автоматический запуск в pg_rewind процедуры восстановления согласованности до начала синхронизации состояния (Пол Гуо, Джимми Йи, Ашвин Агравал)

  Отключить эту процедуру позволяет ключ --no-ensure-shutdown.

- Добавление подробной информации о PREPARE TRANSACTION в вывод pg_waldump (Фудзии Масао)
- Добавление в pg_waldump ключа --quiet, отключающего вывод всех сообщений, кроме ошибок (Андрес Фройнд, Роберт Хаас)
- Добавление в pg_dump ключа --include-foreign-data для выгрузки данных со сторонних серверов (Луис М. Карриль)
- Поддержка параллельного выполнения команд очистки в программе vacuumdb (Масахико Савада)

  Этот режим включается новым аргументом --parallel.

- Поддержка выполнения операций reindexdb в несколько потоков (Жюльен Руо)

  Параллельный режим включается новым параметром --jobs.

- Реализация в dropdb возможности принудительно удалить базу, отключив от неё пользователей (Павел Стехуле)

  Для такого удаления предназначен ключ -f.

- Ликвидация ключей --adduser и --no-adduser команды createuser (Александр Лахин)

  Вместо них уже очень давно поддерживаются ключи --superuser и --no-superuser.

- Использование каталога, в котором находится запущенная программа pg_upgrade, в качестве значения по умолчанию параметра --new-bindir (Даниэль Густафссон)

E.23.3.10. Документация

- Добавление в документацию глоссария (Кори Хинкер, Юрген Пуртц, Роджер Гаркави, Альваро Эррера)
- Переформатирование таблиц с информацией о функциях и операторах для улучшения визуального восприятия (Том Лейн)
- Переход к использованию DocBook 4.5 (Питер Эйзентраут)

E.23.3.11. Исходный код

- Обеспечение поддержки сборки в Visual Studio 2019 (Харибабу Комми)
- Добавление поддержки MSYS2 (Питер Эйзентраут)
- Добавление ассемблерного кода реализации compare_exchange и fetch_add для компиляторов на платформе Power PC (Ной Миш)
- Обновление словарей стеммера Snowball, используемых при полнотекстовом поиске (Панайотис Мавройоргос)

  В результате добавился стеммер для греческого языка, а также обновились стеммеры для датского и французского языков.

- Ликвидация поддержки Windows 2000 (Микаэль Пакье)
- Прекращение поддержки отличных от ELF форматов двоичных файлов в системах BSD (Питер Эйзентраут)
- Прекращение поддержки Python версии 2.5.X и более старых (Питер Эйзентраут)
- Прекращение поддержки OpenSSL версии 0.9.8 и 1.0.0 (Микаэль Пакье)
- Удаление параметров configure --disable-float8-byval и --disable-float4-byval (Питер Эйзентраут)

  Они были нужны для совместимости с некоторыми функциями на C, имеющими API версии 0, но такие функции уже не поддерживаются.

- Передача строки запроса в функции-обработчики, вызываемые планировщиком (Паскаль Легран, Жюльен Руо)
- Возможность подключения обработчиков, вызываемых при выполнении TRUNCATE (Юлиан Ходорковский)
- Возможность подключения обработчиков, вызываемых при инициализации TLS (Эндрю Дунстан)
- Возможность сборки без предопределённого каталога Unix-сокетов (Питер Эйзентраут)
- Уменьшение вероятности конфликта при выборе ключей ресурсов SysV на платформах Unix (Том Лейн)
- Использование функций операционной системы для надёжной очистки памяти, содержащей конфиденциальную информацию (Питер Эйзентраут)

  Таким образом очищается область памяти, содержащая пароль.

- Добавление скрипта headerscheck для проверки совместимости заголовочных файлов C (Том Лейн)
- Реализация внутренних списков в виде массивов, а не в виде цепочки элементов (Том Лейн)

  Это способствует увеличению быстродействия запросов, обращающихся ко множеству объектов.
- Изменение API функции TS_execute() (Том Лейн, Павел Борисов)

  Обработчики TS_execute теперь должны оперировать троичной логикой (да/нет/возможно). Кроме того, теперь по умолчанию точно вычисляются запросы с отрицанием.

E.23.3.12. Дополнительные модули

- Возможность описания доверенных расширений (Том Лейн)

  Такие расширения теперь могут устанавливаться в базу данных обычными пользователями, имеющими только право CREATE на уровне базы данных. В результате этого изменения был также удалён системный каталог pg_pltemplate.
- Предоставление обычным пользователям возможности подключаться к сторонним серверам через postgres_fdw, не указывая пароль (Крейг Рингер)

  Для этого суперпользователь может задать в сопоставлении пользователей параметр password_required, равный false. При этом необходимо позаботиться о том, чтобы обычные пользователи не могли использовать учётные данные суперпользователей для подключения к стороннему серверу.
- Поддержка в postgres_fdw аутентификации по сертификатам (Крейг Рингер)

  При этом разные пользователи могут использовать разные сертификаты.
- Возможность ограничения доступа к команде TRUNCATE средствами sepgsql (Юлиан Ходорковский)
- Добавление расширения bool_plperl, которое преобразует логические значения SQL в логические значения PL/Perl и наоборот (Иван Панченко)
- Реализация в pg_stat_statements отдельной обработки указания FOR UPDATE в командах SELECT ... FOR UPDATE (Эндрю Гирт, Вик Фиринг)
- Реализация в pg_stat_statements возможности отслеживать время планирования запросов (Жюльен Руо, Паскаль Легран, Томас Манро, Фудзии Масао)

  Ранее отслеживалось только время выполнения.
- Исправление синтаксиса lquery в ltree для реализации более логичного поведения отрицания (!) (Филип Рембялковский, Том Лейн, Никита Глухов)

  Также в запросах без * теперь можно указать интервал, ограничивающий число вхождений ({}).
- Добавление поддержки двоичного ввода/вывода для типов ltree, lquery и ltxtquery (Нино Флорис)
- Добавление в dict_int возможности игнорировать знак у целых чисел (Джефф Джейнс)
- Добавление в adminpack функции pg_file_sync() для синхронизации файла с файловой системой (Фудзии Масао)
- Добавление в pageinspect функций для вывода значений t_infomask/t_infomask2 в понятном человеку виде (Крейг Рингер, Савада Масахико, Микаэль Пакье)
- Добавление в вывод pageinspect столбцов с информацией об исключении дубликатов в индексах-B-деревьях (Питер Гейган)

E.23.4. Благодарственный список

Перечисленные ниже (в алфавитном порядке) лица сделали вклад в этот выпуск, разрабатывая, совершенствуя и рецензируя код, принимая правки, проводя тестирование или сообщая о проблемах.

Абхиджит Менон-Сен (Abhijit Menon-Sen)
Адам Ли (Adam Lee)
Адам Скотт (Adam Scott)
Аде Хэйуорд (Adé Heyward)
Адриен Найрат (Adrien Nayrat)
Айзек Морленд (Isaac Morland)
Аластер Маккинли (Alastair McKinley)
Алекс Мейси (Alex Macy)
Александр Акципетров (Alex Aktsipetrov)
Александр Коротков (Alexander Korotkov)
Александр Кузьменков (Alexander Kuzmenkov)
Александр Кукушкин (Alexander Kukushkin)
Александр Лахин (Alexander Lakhin)
Александр Парфёнов (Aleksandr Parfenov)
Александр Шульгин (Alex Shulgin)
Алексей Баштанов (Alexey Bashtanov)
Алексей Клюкин (Oleksii Kliukin)
Алексей Кондратов (Alexey Kondratov)
Альваро Эррера (Álvaro Herrera)
Амит Капила (Amit Kapila)
Амит Ланготе (Amit Langote)
Амит Хандекар (Amit Khandekar)
Амул Сул (Amul Sul)
Анастасия Лубенникова (Anastasia Lubennikova)
Андреас Джозеф Крог (Andreas Joseph Krogh)
Андреас Зельтенрейх (Andreas Seltenreich)
Андреас Карлссон (Andreas Karlsson)
Андреас Кунерт (Andreas Kunert)
Андрей Билле (Andrew Bille)
Андрей Бородин (Andrey Borodin)
Андрей Зубков (Andrei Zubkov)
Андрей Клычков (Andrey Klychkov)
Андрей Лепихов (Andrey Lepikhov)
Андрес Фройнд (Andres Freund)
Анна Акентьева (Anna Akenteva)
Анна Эндо (Anna Endo)
Антон Власов (Anton Vlasov)
Антони Новосьен (Anthony Nowocien)
Антонин Хоуска (Antonin Houska)
Антс Аасма (Ants Aasma)
Арне Роланд (Arne Roland)
Арнольд Мюллер (Arnold Müller)
Арсений Шер (Arseny Sher)
Артур Закиров (Artur Zakirov)
Артур Насименту (Arthur Nascimento)
Асим Правин (Asim Praveen)
Асиф Рехман (Asif Rehman)
Атсуши Торикоши (Atsushi Torikoshi)
Аугустинас Йокубаускас (Augustinas Jokubauskas)
Ахсан Хади (Ahsan Hadi)
Ашвин Агравал (Ashwin Agrawal)
Ашутош Бапат (Ashutosh Bapat)

Ашутош Шарма (Ashutosh Sharma)
Бейзил Бурк (Basil Bourque)
Бен Корнет (Ben Cornett)
Бенджи Гиллам (Benjie Gillam)
Бенуа Лобро (Benoît Lobréau)
Бернд Хелмле (Bernd Helmle)
Бина Эмерсон (Beena Emerson)
Бинго Бао (Binguo Bao)
Брайан Вильямс (Brian Williams)
Брандур Лич (Brandur Leach)
Брент Бейтс (Brent Bates)
Брэд Дейонг (Brad DeJong)
Брюс Момджян (Bruce Momjian)
Бхарат Рупиредди (Bharath Rupireddy)
Бхаргав Каминени (Bhargav Kamineni)
Вайет Алт (Wyatt Alt)
Вигнеш Си (Vignesh C)
Вик Фиринг (Vik Fearing)
Виктор Вагнер (Victor Wagner)
Виктор Егоров (Victor Yegorov)
Вилл Лайнвебер (Will Leinweber)
Вильям Кровелл (William Crowell)
Винай Банакар (Vinay Banakar)
Владимир Лесков (Vladimir Leskov)
Владимир Ситников (Vladimir Sitnikov)
Вячеслав Макаров (Vyacheslav Makarov)
Вячеслав Шаблистый (Vyacheslav Shablistyy)
Георгиос Коколатос (Georgios Kokolatos)
Гийом Леларж (Guillaume Lelarge)
Грег Нанкарроу (Greg Nancarrow)
Григорий Смолкин (Grigory Smolkin)
Гуаньчэн Ло (Guancheng Luo)
Давид Феттер (David Fetter)
Давиндер Сингх (Davinder Singh)
Дагфинн Ильмари Маннсакер (Dagfinn Ilmari Mannsåker)
Даниель Вестерман (Daniel Westermann)
Даниэль Верите (Daniel Vérité)
Даниэль Густафссон (Daniel Gustafsson)
Даниэль Фиори (Daniel Fiori)
Дейв Крамер (Dave Cramer)
Денис Стучалин (Denis Stuchalin)
Дент Джон (Dent John)
Джастин Кинг (Justin King)
Джастин Призби (Justin Pryzby)
Джеймс Грей (James Gray)
Джеймс Информ (James Inform)
Джеймс Коулман (James Coleman)
Джеймс Лукас (James Lucas)
Джеймс Хантер (James Hunter)
Джереми Смит (Jeremy Smith)
Джереми Шнайдер (Jeremy Schneider)
Джереми Эванс (Jeremy Evans)
Джерри Сиверс (Jerry Sievers)
Джеспер Педерсен (Jesper Pedersen)
Джесси Кинкед (Jesse Kinkead)
Джесси Чжан (Jesse Zhang)
Джефф Девис (Jeff Davis)
Джефф Джейнс (Jeff Janes)

Джи Чжан (Jie Zhang)
Дживан Ладхе (Jeevan Ladhe)
Дживан Чок (Jeevan Chalke)
Джим Нэсби (Jim Nasby)
Джимми Йи (Jimmy Yih)
Джо Конвей (Joe Conway)
Джон Нейлор (John Naylor)
Джон Сюй (John Hsu)
Джонатан С Кац (Jonathan S. Katz)
Дидье Готрон (Didier Gautheron)
Дилип Кумар (Dilip Kumar)
Дин Рашид (Dean Rasheed)
Дмитрий Белявский (Dmitry Belyavsky)
Дмитрий Долгов (Dmitry Dolgov)
Дмитрий Иванов (Dmitry Ivanov)
Дмитрий Тельпт (Dmitry Telpt)
Дмитрий Успенский (Dmitry Uspenskiy)
Доминик Чарнота (Dominik Czarnota)
Донмин Лю (Dongming Liu)
Дорофей Пролесковский (Darafei Praliaskouski)
Дэвид Гилман (David Gilman)
Дэвид Дж. Джонстон (David G. Johnston)
Дэвид Кристенсен (David Christensen)
Дэвид Роули (David Rowley)
Дэвид Стил (David Steele)
Дэвид Харпер (David Harper)
Дэвид Чжан (David Zhang)
Дэрил Вэйкотт (Daryl Waycott)
Евгений Коньков (Eugen Konkov)
Ёсикадзу Имаи (Yoshikazu Imai)
Жеан-Гийом де Рорте (Jehan-Guillaume de Rorthais)
Женхуа Цай (ZhenHua Cai)
Жиль Даролд (Gilles Darold)
Жобен Августин (Jobin Augustine)
Жорж Густаву Роша (Jorge Gustavo Rocha)
Жуй Хай Цзян (Rui Hai Jiang)
Жюльен Руо (Julien Rouhaud)
И Хуан (Yi Huang)
Ибрар Ахмед (Ibrar Ahmed)
Иван Картышов (Ivan Kartyshov)
Иван Панченко (Ivan Panchenko)
Иван Серджо Боргоново (Ivan Sergio Borgonovo)
Игон Ху (Yigong Hu)
Ильдар Мусин (Ildar Musin)
Инсон Мун (Insung Moon)
Иренеуш Плюта (Ireneusz Pluta)
Итан Уолдо (Ethan Waldo)
Иэн Барвик (Ian Barwick)
Йоанн Ла Канчеллера (Yoann La Cancellera)
Йозеф Нахмиас (Joseph Nahmias)
Йозеф Шиманек (Josef Šimánek)
Йон Йенсен (Jon Jensen)
Кайл Кингсбери (Kyle Kingsbury)
Камерон Эзелл (Cameron Ezell)
Карл О. Пинц (Karl O. Pinc)
Квентин Рамо (Quentin Rameau)
Келли Минь (Kelly Min)
Кен Танцер (Ken Tanzer)

Кирилл Бычик (Kirill Bychik)
Кирк Джемисон (Kirk Jamison)
Кит Фиске (Keith Fiske)
Константин Книжник (Konstantin Knizhnik)
Кори Хинкер (Corey Huinker)
Крейг Рингер (Craig Ringer)
Крис Бенди (Chris Bandy)
Крис Трэверс (Chris Travers)
Кристоф Берг (Christoph Berg)
Кристоф Куртуа (Christophe Courtois)
Кунтал Гхош (Kuntal Ghosh)
Кэйсукэ Курода (Keisuke Kuroda)
Кэри Хуан (Cary Huang)
Кётаро Хоригути (Kyotaro Horiguchi)
Ларс Канис (Lars Kanis)
Лауренц Альбе (Laurenz Albe)
Лейф Гуннар Эрландсен (Leif Gunnar Erlandsen)
Ли Япинь (Li Japin)
Луис М. Карриль (Luis M. Carril)
Лукас Виечелли (Lucas Viecelli)
Лукаш Соботка (Lukáš Sobotka)
Людмила Мантрова (Liudmila Mantrova)
Магнус Хагандер (Magnus Hagander)
Майк Пальмиотто (Mike Palmiotto)
Майкл Ло (Michael Luo)
Максанс Алуш (Maxence Ahlouche)
Мануэль Риггер (Manuel Rigger)
Марина Полякова (Marina Polyakova)
Марк Вон (Mark Wong)
Марк Дилгер (Mark Dilger)
Марк Манро (Marc Munro)
Марко Тииккая (Marko Tiikkaja)
Маркус Винанд (Markus Winand)
Маркуш Давид (Marcos David)
Мартейн Ван Остерхаут (Martijn van Oosterhout)
Марти Раудсепп (Marti Raudsepp)
Масао Фудзии (Masao Fujii)
Масахико Савада (Masahiko Sawada)
Масахиро Икеда (Masahiro Ikeda)
Матео Беккати (Matteo Beccati)
Матеуш Гузик (Mateusz Guzik)
Махадеван Рамачандран (Mahadevan Ramachandran)
Махендра Сингх Талор (Mahendra Singh Thalor)
Мачик Сакрейда (Maciek Sakrejda)
Мелани Плейгман (Melanie Plageman)
Микаэль Пакье (Michael Paquier)
Митхун Сай (Mithun Cy)
Михаил Николаев (Michail Nikolaev)
Михаэль Банк (Michael Banck)
Михаэль Мескес (Michael Meskes)
Мувад Ли (Movead Li)
Мэтт Джибсон (Matt Jibson)
Назлы Уур Кёйлюоглу (Nazli Ugur Koyluoglu)
Натан Боссарт (Nathan Bossart)
Неха Шарма (Neha Sharma)
Никита Глухов (Nikita Glukhov)
Никола Конту (Nicola Contu)
Николай Шаплов (Nikolay Shaplov)

Николас Альварес (Nicolás Alvarez)
Никхил Сонтакке (Nikhil Sontakke)
Нино Флорис (Nino Floris)
Ной Миш (Noah Misch)
Нориёси Синода (Noriyoshi Shinoda)
Олег Бартунов (Oleg Bartunov)
Олег Самойлов (Oleg Samoilov)
Ондрей Йирман (Ondrej Jirman)
Остин Дренски (Austin Drenski)
Паван Деоласи (Pavan Deolasee)
Павел Борисов (Pavel Borisov)
Павел Лузанов (Pavel Luzanov)
Павел Сиваш (Paul Sivash)
Павел Стехуле (Pavel Stehule)
Павел Судеревский (Pavel Suderevsky)
Панайотис Мавройоргос (Panagiotis Mavrogiorgos)
Паскаль Легран (Pascal Legrand)
Патрик Макхарди (Patrick McHardy)
Петер Биллен (Peter Billen)
Петр Желинек (Petr Jelínek)
Питер Гейган (Peter Geoghegan)
Питер Смит (Peter Smith)
Питер Эйзентраут (Peter Eisentraut)
Пол Гуо (Paul Guo)
Пол Рамсей (Paul Ramsey)
Пол Спенсер (Paul Spencer)
Пол Юнгвирт (Paul Jungwirth)
Прабхат Саху (Prabhat Sahu)
Пьер Дюкроке (Pierre Ducroquet)
Пьер Жиро (Pierre Giraud)
Пэйфэн Цю (Peifeng Qiu)
Пэнчжоу Тан (Pengzhou Tang)
Пётр Влодарчик (Piotr Wlodarczyk)
Пётр Габриэль Косински (Piotr Gabriel Kosinski)
Пётр Фёдоров (Petr Fedorov)
Радж Мохите (Raj Mohite)
Раджкумар Рагхуванши (Rajkumar Raghuwanshi)
Райан Ламберт (Ryan Lambert)
Раманараяна Мусунуру (Ramanarayana Musunuru)
Ранье Вилела (Ranier Vilela)
Рареш Салкудян (Rares Salcudean)
Рауль Марин Родригес (Raúl Marín Rodríguez)
Рафаэль Кастро (Rafael Castro)
Рафия Сабих (Rafia Sabih)
Реймонд Мартин (Raymond Martin)
Рейо Сухонен (Reijo Suhonen)
Ричард Гуо (Richard Guo)
Роберт Калерт (Robert Kahlert)
Роберт Трит (Robert Treat)
Роберт Форд (Robert Ford)
Роберт Хаас (Robert Haas)
Робин Абби (Robin Abbi)
Робинс Таракан (Robins Tharakan)
Роджер Гаркави (Roger Harkavy)
Роман Пешкуров (Roman Peshkurov)
Руи ДеСуоза (Rui DeSousa)
Рушаб Латиа (Rushabh Lathia)
Рёхэй Такахаси (Ryohei Takahashi)

Саймон Риггс (Simon Riggs)
Сергей Агалаков (Sergei Agalakov)
Сергей Корнилов (Sergei Kornilov)
Сергей Черкашин (Sergey Cherkashin)
Сероп Саркуни (Sehrope Sarkuni)
Скотт Райб (Scott Ribe)
Славомир Ходницки (Slawomir Chodnicki)
Соумйадип Чакраборти (Soumyadeep Chakraborty)
Стефан Лорек (Stéphane Lorek)
Стив Роджерсон (Steve Rogerson)
Стивен Винфилд (Steven Winfield)
Стивен Фрост (Stephen Frost)
Сурадж Хараге (Suraj Kharage)
Сурафел Темесген (Surafel Temesgen)
Таканори Асаба (Takanori Asaba)
Такао Фудзии (Takao Fujii)
Такаюки Цунакава (Takayuki Tsunakawa)
Такума Хосиай (Takuma Hoshiai)
Там Нгуен (Tham Nguyen)
Тацуо Исии (Tatsuo Ishii)
Тацуро Ямада (Tatsuro Yamada)
Тацухито Касахара (Tatsuhito Kasahara)
Тейлор Веселы (Taylor Vesely)
Тибо Мадлен (Thibaut Madelaine)
Тим Кларк (Tim Clarke)
Тим Мёльман (Tim Möhlmann)
Том Браун (Thom Brown)
Том Готтфрид (Tom Gottfried)
Том Лейн (Tom Lane)
Том Эллис (Tom Ellis)
Томас Келлерер (Thomas Kellerer)
Томас Манро (Thomas Munro)
Томаш Вондра (Tomas Vondra)
Туомас Лейкола (Tuomas Leikola)
Тушар Ахуджа (Tushar Ahuja)
Тьягу Анастасиу (Tiago Anastacio)
Фабрицио де Ройес Мелло (Fabrízio de Royes Mello)
Фабьен Коэльо (Fabien Coelho)
Феликс Лехнер (Felix Lechner)
Фил Байер (Phil Bayer)
Филип Рембялковский (Filip Rembialkowski)
Филип Семанчук (Philip Semanchuk)
Филип Януш (Filip Janus)
Филипп Бодуэн (Philippe Beaudoin)
Франк Ганьепен (Frank Gagnepain)
Фёдор Сигаев (Teodor Sigaev)
Хади Мошаеди (Hadi Moshayedi)
Хайин Тан (Haiying Tang)
Хайме Казанова (Jaime Casanova)
Хамид Ахтар (Hamid Akhtar)
Ханс Бушман (Hans Buschmann)
Хао Ву (Hao Wu)
Харибабу Комми (Haribabu Kommi)
Харука Такацука (Haruka Takatsuka)
Хейкки Линнакангас (Heikki Linnakangas)
Химаншу Упадхьяя (Himanshu Upadhyaya)
Хиронобу Судзуки (Hironobu Suzuki)
Хит Лорд (Heath Lord)

Хуан Хосе Сантамария Флеча (Juan José Santamaría Flecha)
Хью Ван (Hugh Wang)
Хью Макмастер (Hugh McMaster)
Хью Раналли (Hugh Ranalli)
Цзянь Чжан (Jian Zhang)
Цуйпин Линь (Cuiping Lin)
Цюань Цзунлян (Quan Zongliang)
Чарльз Оффенбахер (Charles Offenbacher)
Ченьян Лу (Chenyang Lu)
Чепмен Флэк (Chapman Flack)
Чэнь Хуацзюнь (Chen Huajun)
Шеньхао Ван (Shenhao Wang)
Шон Ван (Shawn Wang)
Шон Дебнатх (Shawn Debnath)
Шон Фаррел (Sean Farrell)
Шэй Роджански (Shay Rojansky)
Эд Морли (Ed Morley)
Эдмунд Хорнер (Edmund Horner)
Эйлер Тавейра (Euler Taveira)
Эмре Хасегели (Emre Hasegeli)
Эндрю Гирт (Andrew Gierth)
Эндрю Дунстан (Andrew Dunstan)
Эрвин Брандштеттер (Erwin Brandstetter)
Эрик Гиллум (Eric Gillum)
Эрик Рижкерс (Erik Rijkers)
Эцуро Фудзита (Etsuro Fujita)
Ю Кимура (Yu Kimura)
Юго Нагата (Yugo Nagata)
Юзуко Хосоя (Yuzuko Hosoya)
Юлиан Бэкес (Julian Backes)
Юлиан Ходорковский (Yuli Khodorkovskiy)
Юрген Пуртц (Jürgen Purtz)
Юсукэ Эгашира (Yusuke Egashira)
Юя Ватари (Yuya Watari)
Ян Мусслер (Jan Mussler)
Ян Сяо (Yang Xiao)
Ярослав Сивы (Jaroslav Sivy)
Ярослав Щёкин (Yaroslav Schekin)

E.24. Предыдущие выпуски

Замечания к выпускам предыдущих версий можно найти по адресу *https://www.postgresql.org/docs/release/*

Приложение F. Дополнительно поставляемые модули

В этом и следующем приложении содержится информация о модулях, которые можно найти в каталоге `contrib` дистрибутива PostgreSQL. В их число входят средства портирования, утилиты анализа и подключаемые функции, не включённые в состав основной системы PostgreSQL, в основном потому что они адресованы ограниченной аудитории или находятся в экспериментальном состоянии, не подходящем для основного дерева кода. Однако это всё не умаляет их полезность.

В этом приложении описываются расширения и другие подключаемые серверные модули, включённые в `contrib`. В Приложении G описываются вспомогательные программы.

При сборке сервера из дистрибутивного исходного кода эти компоненты собираются, только если выбрана цель «world» (см. Шаг 2). Вы можете собрать и установить их отдельно, выполнив:

```
make
make install
```

в каталоге `contrib` в настроенном дереве исходного кода; либо собрать и установить только один выбранный модуль, проделав то же самое в его подкаталоге. Для многих модулей имеются регрессионные тесты, которые можно выполнить, запустив:

```
make check
```

перед установкой или

```
make installcheck
```

, когда сервер PostgreSQL будет работать.

Если вы используете готовую собранную версию PostgreSQL, эти модули обычно поставляются в виде отдельного подпакета, например `postgresql-contrib`.

Многие модули предоставляют дополнительные пользовательские функции, операторы и типы. Чтобы использовать один из таких модулей, когда его исполняемый код установлен, вы должны зарегистрировать новые объекты SQL в СУБД. Для этого нужно воспользоваться командой CREATE EXTENSION. В чистой базе данных вы можете просто выполнить:

```
CREATE EXTENSION имя_модуля;
```

При этом новые объекты SQL будут зарегистрированы только в текущей базе данных, так что эту команду нужно выполнять в каждой базе данных, в которой вы хотите пользоваться функциональностью этого модуля. Вы также можете запустить её в `template1`, чтобы установленное расширение копировалось во все впоследствии создаваемые базы по умолчанию.

Для всех этих модулей команду `CREATE EXTENSION` должен выполнять суперпользователь, если только модуль не помечен как «доверенный». Доверенные модули могут устанавливать любые пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных. В следующих разделах, где описываются модули, отмечено, какие из них являются доверенными. Вообще говоря, доверенными модулями считаются те, которые не предоставляют доступ к функциональности за рамками базы данных.

Многие модули позволяют устанавливать свои объекты в схему по выбору. Для этого нужно добавить `SCHEMA имя_схемы` в команду `CREATE EXTENSION`. По умолчанию объекты устанавливаются в текущую схему для создаваемых объектов, которой по умолчанию становится `public`.

Однако некоторые из этих модулей не являются «расширениями» в этом смысле, а подключаются к серверу по-другому, например, через параметр конфигурации shared_preload_libraries. Подробнее об этом говорится в документации каждого модуля.

F.1. adminpack

Модуль `adminpack` предоставляет несколько вспомогательных функций, которыми могут пользоваться pgAdmin и другие средства администрирования и управления базами данных, например для удалённого управления файлами журналов сервера. По умолчанию использовать все эти функции разрешено только суперпользователям, но такое право можно дать и другим пользователям с помощью команды `GRANT`.

Функции, приведённые в Таблице F.1, предоставляют возможность записи в файлы на компьютере, где работает сервер. (См. также функции в Таблице 9.95, которые открывают доступ только на чтение.) Они позволяют обычным пользователям обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных, но не ограничивают суперпользователей и членов ролей pg_read_server_files или pg_write_server_files. При этом путь может задаваться и как абсолютный, и как относительный.

Таблица F.1. Функции модуля adminpack

Функция Описание
`pg_catalog.pg_file_write` (*filename* text, *data* text, *append* boolean) → bigint Записывает или дописывает данные в текстовый файл.
`pg_catalog.pg_file_sync` (*filename* text) → void Сбрасывает файл или каталог на диск.
`pg_catalog.pg_file_rename` (*oldname* text, *newname* text [, *archivename* text]) → boolean Переименовывает файл.
`pg_catalog.pg_file_unlink` (*filename* text) → boolean Удаляет файл.
`pg_catalog.pg_logdir_ls` () → setof record Выдаёт список файлов журналов в каталоге `log_directory` .

Функция `pg_file_write` записывает данные (*data*) в файл с именем *filename*. Если флаг *append* сброшен, этот файл не должен существовать. Если же флаг *append* установлен, существование файла допускается и в этом случае данные будут дописаны в него. Возвращает число записанных байт.

Функция `pg_file_sync` синхронизирует с файловой системой файл или каталог с именем *filename*. В случае неудачи (например, если указанный файл не существует) выдаётся ошибка. Заметьте, что значение data_sync_retry на эту функцию не влияет, и поэтому даже в случае отказа при сбросе файлов базы не будет выдана ошибка уровня PANIC.

Функция `pg_file_rename` переименовывает файл. Если параметр *archivename* опущен или равен NULL, она просто переименовывает файл *oldname* в *newname* (файл с новым именем не должен существовать). Если параметр *archivename* задан, она сначала переименовывает *newname* в *archivename* (такой файл не должен существовать), а затем переименовывает *oldname* в *newname*. В случае ошибки на втором этапе переименования она попытается переименовать *archivename* назад в *newname*, прежде чем выдать ошибку. Возвращает true в случае успеха и false, если исходные файлы отсутствуют или их невозможно изменить; в других случаях выдаются ошибки.

Функция `pg_file_unlink` удаляет заданный файл. Возвращает true в случае успеха, false в случае отсутствия указанного файла либо при сбое в вызове `unlink()`; в других случаях выдаются ошибки.

Функция `pg_logdir_ls` возвращает время создания и пути всех файлов журналов в каталоге log_directory. Чтобы эта функция работала, параметр log_filename должен иметь значение по умолчанию (`postgresql-%Y-%m-%d_%H%M%S.log`).

F.2. amcheck

Модуль amcheck предоставляет функции, позволяющие проверять логическую целостность структуры отношений. Если нарушения структуры не обнаруживаются, эти функции отрабатывают без ошибок.

Эти функции проверяют различные *инварианты* в структуре представления определённых отношений. Правильность работы функций методов доступа, стоящих за сканированием индекса и другими важными операциями, зависит от всегда соблюдаемых инвариантов. Например, определённые функции проверяют, помимо остальных вещей, что все страницы B-дерева содержат элементы в «логическом» порядке (например, индекс-B-дерево, построенный по столбцу text, должен содержать кортежи, упорядоченные в лексическом порядке с учётом правила сортировки). Если этот конкретный инвариант каким-то образом нарушается, следует ожидать, что бинарный поиск на затронутой странице введёт в заблуждение процедуру сканирования индекса, что приведёт к неверным результатам запросов SQL.

Проверка выполняется теми же процедурами, что используются при сканировании индекса, и это может быть код пользовательского класса операторов. Например, проверка индекса-B-дерева задействует сравнения, выполняемые одной или несколькими опорными функциями B-дерева под номером 1. Подробнее опорные функции класса операторов описываются в Подразделе 37.16.3.

Функции amcheck могут выполнять только суперпользователи.

F.2.1. Функции

bt_index_check(index regclass, heapallindexed boolean) returns void

bt_index_check проверяет, соблюдаются ли в целевом индексе-B-дереве различные инварианты. Пример использования:

```
test=# SELECT bt_index_check(index => c.oid, heapallindexed => i.indisunique),
               c.relname,
               c.relpages
FROM pg_index i
JOIN pg_opclass op ON i.indclass[0] = op.oid
JOIN pg_am am ON op.opcmethod = am.oid
JOIN pg_class c ON i.indexrelid = c.oid
JOIN pg_namespace n ON c.relnamespace = n.oid
WHERE am.amname = 'btree' AND n.nspname = 'pg_catalog'
-- Не проверять временные таблицы (они могут относиться к другим сеансам):
AND c.relpersistence != 't'
-- Функция может выдать ошибку без этих условий:
AND c.relkind = 'i' AND i.indisready AND i.indisvalid
ORDER BY c.relpages DESC LIMIT 10;
 bt_index_check |             relname             | relpages
----------------+---------------------------------+----------
                | pg_depend_reference_index       |       43
                | pg_depend_depender_index        |       40
                | pg_proc_proname_args_nsp_index  |       31
                | pg_description_o_c_o_index      |       21
                | pg_attribute_relid_attnam_index |       14
                | pg_proc_oid_index               |       10
                | pg_attribute_relid_attnum_index |        9
                | pg_amproc_fam_proc_index        |        5
                | pg_amop_opr_fam_index           |        5
                | pg_amop_fam_strat_index         |        5
(10 rows)
```

Этот пример демонстрирует сеанс проверки 10 самых больших индексов системных каталогов в базе данных «test». Проверка всех кортежей кучи на предмет наличия соответствующих кортежей индекса запрашивается только для тех из этих индексов, которые являются уникальными. Так как ошибки не было, все проверенные индексы представляются логически целостными.

Естественно, этот запрос можно легко изменить, чтобы функция `bt_index_check` вызывалась для всех индексов в базе, которые поддерживают эту проверку.

Функция `bt_index_check` запрашивает блокировку `AccessShareLock` для целевого индекса и отношения, которому он принадлежит. Это тот же режим блокировки, что запрашивается для отношений обычными операторами `SELECT`. `bt_index_check` не проверяет инварианты, существующие в иерархии потомок/родитель, но проверяет представление всех кортежей кучи в индексе в виде индексных кортежей, когда параметр *`heapallindexed`* равен `true`. Когда в работающей производственной среде требуется регулярная лёгкая проверка на наличие нарушений, использование `bt_index_check` часто будет подходящим компромиссом между полнотой проверки и минимизацией влияния на производительность и доступность приложения.

`bt_index_parent_check(index regclass, heapallindexed boolean, rootdescend boolean) returns void`

Функция `bt_index_parent_check` проверяет, соблюдаются ли в целевом объекте, индексе-B-дереве, различные инварианты. Кроме того, если аргумент *`heapallindexed`* равен `true`, эта функция проверяет наличие в индексе всех кортежей из кучи, которые должны в него попасть. Когда необязательный параметр *`rootdescend`* равен `true`, при проверке для каждого кортежа на уровне листьев производится ещё один поиск, начиная с корневой страницы. Проверки, которые может производить `bt_index_parent_check`, включают в себя все проверки, выполняемые функцией `bt_index_check`. Функцию `bt_index_parent_check` можно считать более полноценным вариантом `bt_index_check`: в отличие от `bt_index_check`, `bt_index_parent_check` проверяет ещё и инварианты, существующие в иерархии родитель/потомок, в том числе отсутствие потерянных связей в структуре индекса. `bt_index_parent_check` следует общему соглашению и выдаёт ошибку в случае обнаружения логической несогласованности или другой проблемы.

Функция `bt_index_parent_check` запрашивает в целевом индексе блокировку `ShareLock` (также `ShareLock` запрашивается и в основном отношении). Эти блокировки предотвращают одновременное изменение данных командами `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Эти блокировки также препятствуют одновременной обработке нижележащего отношения командой `VACUUM` и другими вспомогательными командами. Заметьте, что эта функция удерживает блокировки только во время выполнения, а не на протяжении всей транзакции.

Дополнительные проверки, проводимые функцией `bt_index_parent_check`, более ориентированы на выявление различных патологических случаев. В том числе это может быть неправильно реализованный класс операторов B-дерева, используемый проверяемым индексом, или, гипотетически, неизвестные ошибки в нижележащем коде метода доступа индекса-B-дерева. Заметьте, что функцию `bt_index_parent_check` нельзя применять, когда включён режим горячего резерва (то есть на физических репликах в режиме «только чтение»), в отличие от `bt_index_check`.

Подсказка

Функции `bt_index_check` и `bt_index_parent_check` выводят отладочные сообщения о процессе проверки на уровнях важности `DEBUG1` и `DEBUG2`. Эти сообщения содержат подробные сведения о проверке, которые могут представлять интерес для разработчиков PostgreSQL. Они могут быть полезны и для опытных пользователей в качестве дополнительного контекста в случае обнаружения несогласованности. Чтобы получать сообщения о процессе проверки с подходящим уровнем детализации, выполните до запуска проверяющего запроса в интерактивном psql:

```
SET client_min_messages = DEBUG1;
```

F.2.2. Дополнительная проверка *heapallindexed*

Когда аргумент *`heapallindexed`* проверяющих функций равен `true`, для таблицы, связанной с отношением целевого индекса, добавляется дополнительная фаза проверки. Она включает «фиктивную» операцию CREATE INDEX, которая проверяет присутствие всех гипотетических новых индексных кортежей по временной сводной структуре в памяти (она создаётся при необходимости на первом этапе проверки). Сводная структура «помечает» каждый кортеж, который находится в целевом индексе. На высоком уровне идея проверки *heapallindexed* состоит в том, чтобы убедиться, что новый индекс, равнозначный целевому, содержит только те записи, которые можно найти в существующей структуре.

С дополнительным этапом *heapallindexed* связаны значительные издержки: проверка обычно будет выполняться в несколько раз дольше. Однако никакие новые блокировки уровня отношения при проверке *heapallindexed* не запрашиваются.

Сводная структура ограничивается по объёму значением maintenance_work_mem. Для выявления несогласованности в представленных в индексе кортежах с вероятностью упущений в пределах 2% требуется приблизительно 2 байта памяти на кортеж. По мере уменьшения объёма памяти в пересчёте на кортеж этот процент медленно растёт. Этот подход значительно ограничивает издержки такой проверки, и при этом лишь немного уменьшается вероятность выявления проблемы, особенно в инсталляциях, где эта проверка включена в процедуру регулярного обслуживания. Даже если единичное отсутствие или повреждение кортежа упущено, есть все шансы выявить его при очередной проверке.

F.2.3. Эффективное использование amcheck

Модуль amcheck может быть полезен для выявления различных типов проблем, которые могут остаться незамеченными при включении контрольных сумм страниц данных. В частности это:

- Структурные несоответствия, возникающие при некорректной реализации класса операторов.

  В том числе это проблемы, возникающие при изменении правил сравнения в операционной системе. Сравнения данных сортируемого типа, например text, должны быть постоянными (как и все сравнения, применяемые при сканировании индекса-B-дерева), что подразумевает неизменность правил сортировки в операционной системе. Проблемы могут возникать при обновлениях правил в операционной системе, хотя такие случаи редки. Чаще проявляются несоответствия порядка сортировки между ведущим и ведомым сервером, например, из-за различий *основных* версий используемых операционных систем. Возникающие расхождения обычно наблюдаются только на ведомых серверах, так что и выявить их обычно можно только на них.

  Когда возникает подобная проблема, она может затрагивать не абсолютно все индексы, построенные с порочным правилом сортировки, просто потому что *индексированные* значения могут иметь тот же абсолютный порядок, независящий от различий поведения. За дополнительными сведениями об использовании в PostgreSQL правил сортировки и локалей операционной системы обратитесь к Разделу 23.1 и Разделу 23.2.

- Несоответствия структуры между индексами и проиндексированными отношениями в куче (когда выполняется проверка *heapallindexed*).

  Во время обычных операций перекрёстная проверка индексов по отношениям в куче не производится. Симптомы повреждения данных в куче могут быть неочевидными.

- Повреждения, вызванные гипотетическими неизвестными ошибками в нижележащем коде методов доступа, коде сортировки и управления транзакциями PostgreSQL.

  Автоматическая проверка структурной целостности индексов играет важную роль в общем тестировании новых или предлагаемых возможностей PostgreSQL, с которыми может возникнуть логическая несогласованность. Такую же роль играет проверка структуры таблицы и связанной информации о видимости и состоянии транзакций. И поэтому одна из очевидных стратегий тестирования — регулярно вызывать функции amcheck при проведении стандартных регрессионных тестов. Подробнее о выполнении тестов можно узнать в Разделе 32.1.

- Ошибки в файловой системе или подсистеме хранения, когда просто не включены контрольные суммы.

Заметьте, что amcheck рассматривает страницу в том виде, как она представлена в некотором буфере разделяемой памяти к моменту проверки, если при обращению к нужному блоку он уже находится в разделяемом буфере. Вследствие этого, amcheck не обязательно видит данные, находящиеся в файловой системе в момент проверки. Заметьте, что когда контрольные суммы включены, amcheck может выдать ошибку из-за несоответствия контрольных сумм, если в буфер будет считываться испорченный блок.

- Повреждения, вызванные дефектными чипами ОЗУ или вообще подсистемой памяти.

  PostgreSQL не защищает от ошибок памяти; предполагается, что в эксплуатируемом вами сервере установлена память с ECC (Error Correcting Codes, Коды исправления ошибок) или лучшая защита. Однако память ECC обычно защищает только от ошибок в одном бите и не следует считать её *абсолютной* защитой от сбоев, приводящих к повреждению памяти.

  Когда выполняется проверка *heapallindexed*, в целом значительно увеличивается шанс выявления ошибок в отдельных битах, так как она тестирует точное двоичное равенство и сверяет проиндексированные атрибуты с кучей.

Вообще говоря, amcheck может доказать только наличие повреждений, но не доказать их отсутствие.

F.2.4. Исправление повреждений

Когда amcheck сигнализирует о повреждении данных, ложные срабатывания практически исключены. amcheck считает ошибочными ситуации, которые никогда не должны наблюдаться по определению, поэтому ошибки amcheck, как правило, требуют тщательного анализа.

Общего метода устранения проблем, которые может выявить amcheck, не существует. Начать нужно с поиска корня проблемы, приводящей к нарушению инварианта. Полезную роль в диагностике повреждений, которые выявляет amcheck, может сыграть pageinspect. Одна лишь команда REINDEX может быть неэффективна, когда потребуется исправить повреждения.

F.3. auth_delay

Модуль auth_delay добавляет небольшую задержку в процессе проверки подлинности перед тем, как выдаётся сообщение об ошибке, чтобы усложнить подбор паролей к базам данных. Заметьте, что это никоим образом не препятствует атакам типа «отказ в обслуживании», а даже наоборот, может помочь их осуществить, так как процессы, ожидающие сообщения об ошибке, всё равно занимают слоты подключения.

Чтобы эта функция работала, данный модуль нужно загрузить посредством параметра конфигурации shared_preload_libraries в postgresql.conf.

F.3.1. Параметры конфигурации

auth_delay.milliseconds (int)

  Число миллисекунд, которое нужно подождать, прежде чем сообщать об ошибке аутентификации. По умолчанию 0.

Эти параметры должны задаваться в postgresql.conf. Обычное использование выглядит так:

```
# postgresql.conf
shared_preload_libraries = 'auth_delay'

auth_delay.milliseconds = '500'
```

F.3.2. Автор

КайГай Кохэй <kaigai@ak.jp.nec.com>

F.4. auto_explain

Модуль auto_explain предоставляет возможность автоматического протоколирования планов выполнения медленных операторов, что позволяет обойтись без выполнения EXPLAIN вручную. Это особенно полезно для выявления неоптимизированных запросов в больших приложениях.

Этот модуль не предоставляет функций, доступных из SQL. Чтобы использовать его, просто загрузите его в процесс сервера. Это можно сделать в отдельном сеансе:

```
LOAD 'auto_explain';
```

(Для этого нужно быть суперпользователем.) Более типична конфигурация, когда он загружается в некоторые или все сеансы в результате включения auto_explain в переменную session_preload_libraries или в shared_preload_libraries в файле postgresql.conf. Загрузив этот модуль, вы можете отслеживать исключительно медленные запросы, вне зависимости от того, когда они происходят. Конечно, это имеет свою цену.

F.4.1. Параметры конфигурации

Есть несколько параметров конфигурации, которые управляют поведением auto_explain. Заметьте, что поведение по умолчанию сводится к бездействию, так что необходимо установить как минимум переменную auto_explain.log_min_duration, если вы хотите получить какие-либо результаты.

auto_explain.log_min_duration (integer)

Переменная auto_explain.log_min_duration задаёт время выполнения оператора, в миллисекундах, при превышении которого план оператора будет протоколироваться. При значении, равном 0, протоколируются все планы, а при -1 (по умолчанию) протоколирование планов отключается. Например, если вы установите значение 250ms, протоколироваться будут все запросы, выполняющиеся 250 мс и дольше. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

auto_explain.log_analyze (boolean)

При включении параметра auto_explain.log_analyze в протокол будет записываться вывод команды EXPLAIN ANALYZE, а не простой EXPLAIN. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

> **Примечание**
>
> Когда этот параметр включён, замер времени на уровне узлов плана производится для всех операторов, даже если они выполняются недостаточно долго для протоколирования. Это может оказать крайне негативное влияние на производительность. Отключение auto_explain.log_timing исключает это влияние, но при этом собирается меньше информации.

auto_explain.log_buffers (boolean)

Параметр auto_explain.log_buffers определяет, будет ли при протоколировании плана выполнения выводиться статистика об использовании буферов; он равносилен указанию BUFFERS команды EXPLAIN. Этот параметр действует, только если включён параметр auto_explain.log_analyze. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_wal (boolean)

Параметр auto_explain.log_wal определяет, будет ли при протоколировании плана выполнения выводиться статистика об использовании WAL; он равносилен указанию WAL команды

EXPLAIN. Этот параметр действует, только если включён параметр auto_explain.log_analyze. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_timing (boolean)

Параметр auto_explain.log_timing определяет, будет ли при протоколировании плана выполнения выводиться длительность на уровне узлов: он равнозначен указанию TIMING команды EXPLAIN. Издержки от постоянного чтения системных часов могут значительно замедлить запросы в некоторых системах, так что может иметь смысл отключать этот параметр, когда нужно знать только знать количество строк, но не точную длительность каждого узла. Этот параметр действует, только если включён auto_explain.log_analyze. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_triggers (boolean)

При включении параметра auto_explain.log_triggers в протокол будет записываться статистика выполнения триггеров. Этот параметр действует, только если включён параметр auto_explain.log_analyze. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_verbose (boolean)

Параметр auto_explain.log_verbose определяет, будут ли при протоколировании плана выполнения выводиться подробные сведения; он равнозначен указанию VERBOSE команды EXPLAIN. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_settings (boolean)

Параметр auto_explain.log_settings определяет, будут ли вместе с планами выполнения выводиться изменённые параметры конфигурации. При его включении выводятся только те параметры, которые влияют на планирование запросов и имеют значения, отличающиеся от встроенных. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

auto_explain.log_format (enum)

Параметр auto_explain.log_format выбирает формат вывода для EXPLAIN. Он может принимать значение text, xml, json и yaml. Значение по умолчанию — text. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

auto_explain.log_level (enum)

Параметр auto_explain.log_level выбирает уровень, с которым auto_explain будет выводить в протокол планы запросов. Допустимые значения: DEBUG5, DEBUG4, DEBUG3, DEBUG2, DEBUG1, INFO, NOTICE, WARNING и LOG. По умолчанию подразумевается LOG. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

auto_explain.log_nested_statements (boolean)

При включении параметра auto_explain.log_nested_statements протоколированию могут подлежать и вложенные операторы (операторы, выполняемые внутри функции). Когда он отключён, протоколируются планы запросов только верхнего уровня. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

auto_explain.sample_rate (real)

Параметр auto_explain.sample_rate задаёт для auto_explain процент операторов, которые будут отслеживаться в каждом сеансе. Значение по умолчанию — 1, то есть отслеживаются все запросы. Вложенные операторы отслеживаются совместно — либо все, либо никакой из них. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

В обычной ситуации эти параметры устанавливаются в postgresql.conf, хотя суперпользователи могут изменить их «на лету» в рамках своих сеансов. Типичное их использование может выглядеть так:

```
# postgresql.conf
session_preload_libraries = 'auto_explain'

auto_explain.log_min_duration = '3s'
```

F.4.2. Пример

```
postgres=# LOAD 'auto_explain';
postgres=# SET auto_explain.log_min_duration = 0;
postgres=# SET auto_explain.log_analyze = true;
postgres=# SELECT count(*)
           FROM pg_class, pg_index
           WHERE oid = indrelid AND indisunique;
```

В результате этих команд может быть получен такой вывод:

```
LOG:  duration: 3.651 ms  plan:
  Query Text: SELECT count(*)
              FROM pg_class, pg_index
              WHERE oid = indrelid AND indisunique;
  Aggregate  (cost=16.79..16.80 rows=1 width=0) (actual time=3.626..3.627 rows=1
 loops=1)
    ->  Hash Join  (cost=4.17..16.55 rows=92 width=0) (actual time=3.349..3.594 rows=92
 loops=1)
          Hash Cond: (pg_class.oid = pg_index.indrelid)
          ->  Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..9.55 rows=255 width=4) (actual
 time=0.016..0.140 rows=255 loops=1)
          ->  Hash  (cost=3.02..3.02 rows=92 width=4) (actual time=3.238..3.238 rows=92
 loops=1)
                Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 4kB
                ->  Seq Scan on pg_index  (cost=0.00..3.02 rows=92 width=4) (actual
 time=0.008..3.187 rows=92 loops=1)
                      Filter: indisunique
```

F.4.3. Автор

Такахиро Итагаки <itagaki.takahiro@oss.ntt.co.jp>

F.5. bloom

Модуль bloom предоставляет индексный метод доступа, основанный на *фильтрах Блума*.

Фильтр Блума представляет собой компактную структуру данных, позволяющую проверить, является ли элемент членом множества. В виде метода доступа индекса он позволяет быстро исключать неподходящие кортежи по сигнатурам, размер которых определяется при создании индекса.

Сигнатура — это неточное представление проиндексированных атрибутов, вследствие чего оно допускает ложные положительные срабатывания; то есть оно может показывать, что элемент содержится в множестве, хотя это не так. Поэтому результаты поиска по такому индексу должны всегда перепроверяться по фактическим значениям атрибутов записи в таблице. Чем больше размер сигнатуры, тем меньше вероятность ложного срабатывания и число напрасных обращений к таблице, но это, разумеется, влечёт увеличение индекса и замедление сканирования.

Этот тип индекса наиболее полезен, когда в таблице много атрибутов и в запросах проверяются их произвольные сочетания. Традиционный индекс-B-дерево быстрее индекса Блума, но для поддержки всевозможных запросов может потребоваться множество индексов типа B-дерево, при том что индекс Блума нужен всего один. Заметьте, однако, что индексы Блума поддерживают только проверки на равенство, тогда как индексы-B-деревья также полезны при проверке неравенств и поиске в диапазоне.

F.5.1. Параметры

Индекс `bloom` принимает в своём предложении `WITH` следующие параметры:

`length`

Длина каждой сигнатуры (элемента индекса) в битах, округлённая вверх до ближайшего числа, кратного `16`. Значение по умолчанию — `80`, а максимальное значение — `4096`.

`col1 — col32`

Число битов, генерируемых для каждого столбца индекса. В имени параметра отражается номер столбца индекса, для которого это число задаётся. Значение по умолчанию — `2` бита, а максимум — `4095`. Параметры для неиспользуемых столбцов индекса игнорируются.

F.5.2. Примеры

Пример создания индекса bloom:

```
CREATE INDEX bloomidx ON tbloom USING bloom (i1,i2,i3)
       WITH (length=80, col1=2, col2=2, col3=4);
```

Эта команда создаёт индекс с длиной сигнатуры 80 бит, в которой атрибуты i1 и i2 отображаются в 2 бита, а атрибут i3 — в 4. Мы могли бы опустить указания `length`, `col1` и `col2`, так как в них задаются значения по умолчанию.

Ниже представлен более полный пример определения и использования индекса Блума, а также приводится сравнение его с равнозначным индексом-B-деревом. Видно, что индекс Блума значительно меньше индекса-B-дерева, и при этом он может работать быстрее.

```
=# CREATE TABLE tbloom AS
   SELECT
     (random() * 1000000)::int as i1,
     (random() * 1000000)::int as i2,
     (random() * 1000000)::int as i3,
     (random() * 1000000)::int as i4,
     (random() * 1000000)::int as i5,
     (random() * 1000000)::int as i6
   FROM
  generate_series(1,10000000);
SELECT 10000000
```

Последовательное сканирование по этой большой таблице выполняется долго:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                              QUERY PLAN

-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------
 Seq Scan on tbloom  (cost=0.00..213744.00 rows=250 width=24) (actual
 time=357.059..357.059 rows=0 loops=1)
   Filter: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Rows Removed by Filter: 10000000
 Planning Time: 0.346 ms
 Execution Time: 357.076 ms
```

```
(5 rows)
```

Даже при наличии индекса btree сканирование остаётся последовательным:

```
=# CREATE INDEX btreeidx ON tbloom (i1, i2, i3, i4, i5, i6);
CREATE INDEX
=# SELECT pg_size_pretty(pg_relation_size('btreeidx'));
 pg_size_pretty
----------------
 386 MB
(1 row)
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                              QUERY PLAN

-------------------------------------------------------------------
-----------------------------------
 Seq Scan on tbloom  (cost=0.00..213744.00 rows=2 width=24) (actual
 time=351.016..351.017 rows=0 loops=1)
   Filter: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Rows Removed by Filter: 10000000
 Planning Time: 0.138 ms
 Execution Time: 351.035 ms
(5 rows)
```

Если же для таблицы создан индекс bloom, поиск такого рода выполняется эффективнее, чем с индексом btree:

```
=# CREATE INDEX bloomidx ON tbloom USING bloom (i1, i2, i3, i4, i5, i6);
CREATE INDEX
=# SELECT pg_size_pretty(pg_relation_size('bloomidx'));
 pg_size_pretty
----------------
 153 MB
(1 row)
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                                     QUERY PLAN

-------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tbloom  (cost=1792.00..1799.69 rows=2 width=24) (actual
 time=22.605..22.606 rows=0 loops=1)
   Recheck Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
   Rows Removed by Index Recheck: 2300
   Heap Blocks: exact=2256
   ->  Bitmap Index Scan on bloomidx  (cost=0.00..178436.00 rows=1 width=0) (actual
 time=20.005..20.005 rows=2300 loops=1)
         Index Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
 Planning Time: 0.099 ms
 Execution Time: 22.632 ms
(8 rows)
```

При таком подходе основная проблема поиска по B-дереву состоит в том, что B-дерево неэффективно, когда условия поиска не ограничивают ведущие столбцы индекса. Поэтому, применяя индексы типа B-дерево, лучше создавать отдельные индексы для каждого столбца. В этом случае планировщик построит примерно такой план:

```
=# CREATE INDEX btreeidx1 ON tbloom (i1);
CREATE INDEX
=# CREATE INDEX btreeidx2 ON tbloom (i2);
CREATE INDEX
```

```
=# CREATE INDEX btreeidx3 ON tbloom (i3);
CREATE INDEX
=# CREATE INDEX btreeidx4 ON tbloom (i4);
CREATE INDEX
=# CREATE INDEX btreeidx5 ON tbloom (i5);
CREATE INDEX
=# CREATE INDEX btreeidx6 ON tbloom (i6);
CREATE INDEX
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                                          QUERY PLAN

-------------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
 Bitmap Heap Scan on tbloom  (cost=9.29..13.30 rows=1 width=24) (actual
 time=0.032..0.033 rows=0 loops=1)
   Recheck Cond: ((i5 = 123451) AND (i2 = 898732))
   ->  BitmapAnd  (cost=9.29..9.29 rows=1 width=0) (actual time=0.047..0.047 rows=0
 loops=1)
         ->  Bitmap Index Scan on btreeidx5  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0) (actual
 time=0.026..0.026 rows=7 loops=1)
               Index Cond: (i5 = 123451)
         ->  Bitmap Index Scan on btreeidx2  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0) (actual
 time=0.007..0.007 rows=8 loops=1)
               Index Cond: (i2 = 898732)
 Planning Time: 0.264 ms
 Execution Time: 0.047 ms
(9 rows)
```

Хотя этот запрос выполняется гораздо быстрее, чем с каким-либо одиночным индексом, мы платим за это увеличением размера индекса. Каждый индекс-B-дерево занимает 88.5 Мбайта, так что общий объём индексов составляет 531 Мбайт, что в более 3 раз больше размера индекса Блума.

F.5.3. Интерфейс класса операторов

Класс операторов для индексов Блума требует наличия только хеш-функции для индексируемого типа данных и оператора равенства для поиска. Этот пример демонстрирует соответствующее определение класса операторов для типа `text`:

```
CREATE OPERATOR CLASS text_ops
DEFAULT FOR TYPE text USING bloom AS
    OPERATOR    1   =(text, text),
    FUNCTION    1   hashtext(text);
```

F.5.4. Ограничения

- В этот модуль включены только классы операторов для `int4` и `text`.
- При поиске поддерживается только оператор `=`. Но в будущем возможно добавление поддержки для массивов с операциями объединения и пересечения.
- Метод доступа `bloom` не поддерживает уникальные индексы (`UNIQUE`).
- Метод доступа `bloom` не поддерживает поиск значений `NULL`.

F.5.5. Авторы

Фёдор Сигаев <teodor@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

Александр Коротков <a.korotkov@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

Олег Бартунов <obartunov@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

F.6. btree_gin

Модуль btree_gin предоставляет показательные классы операторов GIN, реализующие поведение, подобное тому, что реализуют обычные классы B-дерева, для типов данных int2, int4, int8, float4, float8, timestamp with time zone, timestamp without time zone, time with time zone, time without time zone, date, interval, oid, money, "char", varchar, text, bytea, bit, varbit, macaddr, macaddr8, inet, cidr, uuid, name, bool, bpchar и всех типов-перечислений (enum).

Вообще говоря, эти классы операторов не будут работать быстрее аналогичных стандартных методов индекса-B-дерева, и им не хватает одной важной возможности стандартной реализации B-дерева: возможности ограничивать уникальность. Тем не менее их можно применять для тестирования GIN или взять за основу для разработки других классов операторов GIN. Также, для запросов, где проверяется и столбец с индексом GIN, и столбец с индексом-B-деревом, может быть более эффективным создать составной индекс GIN, который использует один из этих классов операторов, чем использовать два отдельных индекса, выборку из которых придётся объединять, вычисляя AND битовых карт.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.6.1. Пример использования

```
CREATE TABLE test (a int4);
-- создать индекс
CREATE INDEX testidx ON test USING GIN (a);
-- запрос
SELECT * FROM test WHERE a < 10;
```

F.6.2. Авторы

Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>) и Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>). Подробности можно найти на странице *http://www.sai.msu.su/~megera/oddmuse/index.cgi/Gin*.

F.7. btree_gist

Модуль btree_gist предоставляет показательные классы операторов GiST, реализующие поведение, подобное тому, что реализуют обычные классы B-дерева, для типов данных int2, int4, int8, float4, float8, numeric, timestamp with time zone, timestamp without time zone, time with time zone, time without time zone, date, interval, oid, money, char, varchar, text, bytea, bit, varbit, macaddr, macaddr8, inet, cidr, uuid и всех типов enum.

Вообще говоря, эти классы операторов не будут работать быстрее аналогичных стандартных методов индекса-B-дерева, и им не хватает одной важной возможности стандартной реализации B-дерева: возможности ограничивать уникальность. Однако они предлагают несколько других возможностей, описанных ниже. Также эти классы операторов полезны, когда требуется составной индекс GiST, в котором некоторые столбцы имеют типы данных, индексируемые только с GiST, а другие — простые типы. Наконец, эти классы операторов можно применять для тестирования GiST или взять за основу для разработки других классов операторов GiST.

Помимо типичных операторов поиска по B-дереву, btree_gist также поддерживает использование индекса для операции <> («не равно»). Это может быть полезно в сочетании с ограничением-исключением, как описано ниже.

Также, для типов данных, имеющих естественную метрику расстояния, btree_gist определяет оператор расстояния <-> и поддерживает использование индексов GiST для поиска ближайших соседей с применением этого оператора. Операторы расстояния определены для типов int2, int4, int8, float4, float8, timestamp with time zone, timestamp without time zone, time without time zone, date, interval, oid и money.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.7.1. Пример использования

Простой пример использования btree_gist вместо btree:

```
CREATE TABLE test (a int4);
-- создать индекс
CREATE INDEX testidx ON test USING GIST (a);
-- запрос
SELECT * FROM test WHERE a < 10;
-- поиск ближайших соседей: найти десять записей, ближайших к "42"
SELECT *, a <-> 42 AS dist FROM test ORDER BY a <-> 42 LIMIT 10;
```

Так можно использовать ограничение-исключение, состоящее в том, что в клетке в зоопарке могут содержаться животные только одного типа:

```
=> CREATE TABLE zoo (
  cage   INTEGER,
  animal TEXT,
  EXCLUDE USING GIST (cage WITH =, animal WITH <>)
);

=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'zebra');
INSERT 0 1
=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'zebra');
INSERT 0 1
=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'lion');
ERROR:  conflicting key value violates exclusion constraint "zoo_cage_animal_excl"
DETAIL:  Key (cage, animal)=(123, lion) conflicts with existing key (cage,
 animal)=(123, zebra).
=> INSERT INTO zoo VALUES(124, 'lion');
INSERT 0 1
```

F.7.2. Авторы

Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>), Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>), Янко Рихтер (<jankorichter@yahoo.de>) и Пол Юнгвирт (<pj@illuminatedcomputing.com>). Подробности можно найти на странице *http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/*.

F.8. citext

Модуль citext предоставляет тип данных для строк, нечувствительных к регистру, citext. По сути он сравнивает значения, вызывая внутри себя функцию lower. В остальном он почти не отличается от типа text.

> **Подсказка**
>
> Вместо этого модуля имеет смысл использовать *недетерминированные правила сортировки* (см. Подраздел 23.2.2.4). Они позволяют осуществлять сравнение без учёта регистра, без учёта ударения и другие варианты сравнений, при этом более корректно обрабатывая особые случаи Unicode.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.8.1. Обоснование

Стандартный способ выполнить сравнение строк без учёта регистра в PostgreSQL заключается в использовании функции `lower` при сравнении значений, например

```
SELECT * FROM tab WHERE lower(col) = LOWER(?);
```

Этот подход работает довольно хорошо, но имеет ряд недостатков:

- Операторы SQL становятся громоздкими, и нужно не забывать всегда обрабатывать функцией `lower` и столбец, и значение.
- Индекс не будет использоваться, если только дополнительно не создать функциональный индекс с функцией `lower`.
- Если вы объявляете столбец как `UNIQUE` или `PRIMARY KEY`, неявно создаваемый индекс будет чувствительным к регистру. Поэтому он бесполезен для регистронезависимого поиска, так же как он не будет обеспечивать уникальность без учёта регистра.

Тип данных `citext` позволяет исключить вызовы `lower` в SQL-запросах и позволяет сделать первичный ключ регистронезависимым. Тип `citext` учитывает локаль, так же, как и тип `text`, что означает, что сравнение символов в верхнем и нижнем регистре зависит от правил `LC_CTYPE` для базы данных. Это поведение, опять же, не отличается от вызовов `lower` в запросах. Но так как оно реализуется прозрачно типом данных, в самих запросах дополнительно не нужно ничего делать.

F.8.2. Как его использовать

Простой пример использования:

```
CREATE TABLE users (
    nick CITEXT PRIMARY KEY,
    pass TEXT   NOT NULL
);

INSERT INTO users VALUES ( 'larry',  sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Tom',    sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Damian', sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'NEAL',   sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Bjørn',  sha256(random()::text::bytea) );

SELECT * FROM users WHERE nick = 'Larry';
```

Оператор `SELECT` вернёт один кортеж, несмотря на то, что в столбец `nick` записано значение `larry`, а в запросе фигурирует `Larry`.

F.8.3. Поведение при сравнении строк

Модуль `citext` выполняет сравнения, приводя каждую строку к нижнему регистру (как если бы вызывалась функция `lower`) и затем производя сравнения как обычно. Так, например, две строки будут считаться равными, если функция `lower`, обработав их, выдаст одинаковые результаты.

Чтобы имитировать правило сортировки без учёта регистра в максимально возможной степени, этот модуль предоставляет специальные, ориентированные на `citext`, операторы и функции для обработки строки. Так, например, операторы регулярных выражений `~` и `~*` действуют в том же ключе, когда применяются к типу `citext`: оба они не учитывают регистр. Это же распространяется на операторы `!~` и `!~*`, а также операторы `LIKE` `~~`, `~~*`, `!~~` и `!~~*`. Если же вы хотите, чтобы эти операторы учитывали регистр, вы можете привести их аргументы к типу `text`.

Подобным образом, все следующие функции выполняют сопоставления без учёта регистра, если их аргументы имеют тип `citext`:

- `regexp_match()`
- `regexp_matches()`
- `regexp_replace()`
- `regexp_split_to_array()`
- `regexp_split_to_table()`
- `replace()`
- `split_part()`
- `strpos()`
- `translate()`

Для функций с регулярными выражениями, если вам нужно регистрозависимое сопоставление, вы можете добавить флаг «c», чтобы принудительно включить этот режим. Чтобы получить регистрозависимое поведение без этого флага, вы должны привести аргумент к типу `text`, прежде чем вызывать эту функцию.

F.8.4. Ограничения

- Смена регистра символов в `citext` зависит от параметра `LC_CTYPE` вашей базы данных. Таким образом, как будут сравниваться значения, определяется при создании базы данных. На самом деле, по определениям стандарта Unicode, это сравнение не будет истинно регистронезависимым. По сути это означает, что если вас устраивает установленное правило сортировки, вас должны устраивать и сравнения `citext`. Но если в вашей базе данных хранятся строки на разных языках, пользователи одного языка могут получать неожиданные результаты запросов, если правило сортировки предназначено для другого языка.
- Начиная с PostgreSQL версии 9.1, вы можете добавлять указание `COLLATE` к значениям данных или столбцам `citext`. В настоящее время операторы `citext` принимают во внимание такое явное указание `COLLATE`, сравнивая строки в нижнем регистре, но изначальное приведение в нижний регистр всегда выполняется согласно параметру `LC_CTYPE` базы данных (как если бы указывалось `COLLATE "default"`). Это может быть изменено в будущем, чтобы на обоих этапах учитывалось указание `COLLATE` во входных данных.
- Тип `citext` не так эффективен, как `text`, так как функции операторов и функции сравнения для B-дерева должны делать копии данных и переводить их в нижний регистр для сравнения. Кроме того, с типом `text` возможно исключение дубликатов в B-дереве. Тем не менее с `citext` регистронезависимое сравнение реализуется эффективнее, чем с применением `lower`.
- Тип `citext` малополезен в ситуациях, когда вам нужно сравнивать данные без учёта регистра в одних контекстах, и с учётом регистра — в других. Обычно в таких случаях используют `text` и вручную применяют функцию `lower`, когда нужно выполнить сравнение без учёта регистра; это прекрасно работает, если регистронезависимое сравнение требуется выполнять относительно редко. Если же почти всегда сравнение должно быть регистронезависимым и только иногда регистрозависимым, имеет смысл сохранить данные в столбце типа `citext`, и явно приводить их к типу `text` для регистрозависимого сравнения. В любом случае, чтобы оба варианта поиска были быстрыми, вам потребуются два индекса.
- Схема, содержащая операторы `citext`, должна находиться в текущем пути `search_path` (обычно это схема `public`); в противном случае будут вызываться регистрозависимые операторы для типа `text`.
- Подход с переводом строк в нижний регистр для сравнения не работает в некоторых особых случаях Unicode, например когда одной букве в верхнем регистре соответствуют две буквы в нижнем регистре. Поэтому в Unicode различаются понятия *преобразование регистра* (case mapping) и *выравнивание регистра* (case folding). Чтобы сравнение производилось корректно и в этих случаях, используйте вместо `citext` недетерминированные правила сортировки.

F.8.5. Автор

Дэвид Е. Уилер <david@kineticode.com>

Разработку вдохновил оригинальный модуль `citext` Дональда Фрейзера.

F.9. cube

Этот модуль реализует тип данных `cube` для представления многомерных кубов.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.9.1. Синтаксис

В Таблице F.2 показаны внешние представления типа `cube`. Буквы *x*, *y* и т. д. обозначают числа с плавающей точкой.

Таблица F.2. Внешние представления кубов

Внешний синтаксис	Значение
`x`	Одномерная точка (или одномерный интервал нулевой длины)
`(x)`	То же, что и выше
`x1,x2,...,xn`	Точка в n-мерном пространстве, представленная внутри как куб нулевого объёма
`(x1,x2,...,xn)`	То же, что и выше
`(x),(y)`	Одномерный интервал, начинающийся в точке *x* и заканчивающийся в *y*, либо наоборот; порядок значения не имеет
`[(x),(y)]`	То же, что и выше
`(x1,...,xn),(y1,...,yn)`	N-мерный куб, представленный парой диагонально противоположных углов
`[(x1,...,xn),(y1,...,yn)]`	То же, что и выше

В каком порядке вводятся противоположные углы куба, не имеет значения. Функции, принимающие тип `cube`, автоматически меняют углы местами, чтобы получить единое внутреннее представление «левый нижний — правый верхний». Когда эти углы совмещаются, в `cube` для экономии пространства хранится только один угол с флагом «является точкой».

Пробельные символы игнорируются, так что `[(x),(y)]` не отличается от `[ ( x ), ( y ) ]`.

F.9.2. Точность

Значения хранятся внутри как 64-битные числа с плавающей точкой. Это значит, что числа с более чем 16 значащими цифрами будут усекаться.

F.9.3. Использование

В Таблице F.3 показаны операторы, предназначенные специально для работы с типом `cube`.

Таблица F.3. Операторы для кубов

Оператор Описание
`cube && cube → boolean`

Оператор	Описание
	Кубы пересекаются?
`cube @> cube` → `boolean`	Первый куб содержит второй?
`cube <@ cube` → `boolean`	Первый куб содержится во втором?
`cube -> integer` → `float8`	Выдаёт *n*-ю координату куба (считая с 1).
`cube ~> integer` → `float8`	Выдаёт *n*-ю координату куба, применяя следующую нумерацию: *n* = 2 * *k* - 1 обозначает нижнюю границу *k*-й размерности, а *n* = 2 * *k* обозначает верхнюю границу *k*-й размерности. Отрицательные *n* обозначают обратное значение соответствующей положительной координаты. Этот оператор предназначен для поддержки KNN-GiST.
`cube <-> cube` → `float8`	Вычисляет евклидово расстояние между двумя кубами.
`cube <#> cube` → `float8`	Вычисляет расстояние городских кварталов (метрику L-1) между двумя кубами.
`cube <=> cube` → `float8`	Вычисляет расстояние Чебышева (метрику L-бесконечность) между двумя кубами.

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения `@>` и `<@` обозначались соответственно как `@` и `~`. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Помимо показанных выше операторов, для типа `cube` имеются обычные операторы сравнения, показанные в Таблице 9.1. Эти операторы сначала сравнивают первые координаты и если они равны, сравнивают вторые и т. д. Они предназначены в основном для поддержки класса операторов индекса-B-дерева для типа `cube`, который может быть полезен, например, если вы хотите создать ограничение UNIQUE для столбца типа `cube`. Для других практических применений реализуемая ими сортировка не очень полезна.

Модуль `cube` также предоставляет класс операторов индекса GiST для значений `cube`. Индекс GiST для `cube` может применяться для поиска значений в выражениях с операторами `=`, `&&`, `@>` и `<@` в предложениях `WHERE`.

GiST-индекс для `cube` может быть полезен и для поиска ближайших соседей с использованием операторов метрики `<->`, `<#>` и `<=>` в предложениях `ORDER BY`. Например, ближайшего соседа точки в трёхмерном пространстве (0.5, 0.5, 0.5) можно эффективно найти так:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c <-> cube(array[0.5,0.5,0.5]) LIMIT 1;
```

Оператор `~>` может также использоваться таким образом, чтобы эффективно выдавать первые несколько значений, отсортированных по выбранной координате. Например, чтобы получить первые несколько кубов, упорядоченных по возрастанию первой координаты (левого нижнего угла), можно использовать следующий запрос:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c ~> 1 LIMIT 5;
```

А чтобы получить двумерные кубы, отсортированные по убыванию первой координаты правого верхнего угла:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c ~> 3 DESC LIMIT 5;
```

В Таблице F.4 перечислены все доступные функции.

Таблица F.4. Функции для работы с кубами

Функция Описание Примеры

`cube` (`float8`) → `cube`
Создаёт одномерный куб, у которого обе координаты равны.
`cube(1)` → `(1)`

`cube` (`float8`, `float8`) → `cube`
Создаёт одномерный куб.
`cube(1,2)` → `(1),(2)`

`cube` (`float8[]`) → `cube`
Создаёт куб нулевого объёма по координатам, определяемым массивом.
`cube(ARRAY[1,2,3])` → `(1, 2, 3)`

`cube` (`float8[]`, `float8[]`) → `cube`
Создаёт куб с координатами правого верхнего и левого нижнего углов, определяемыми двумя массивами, которые должны быть одинаковой длины.
`cube(ARRAY[1,2], ARRAY[3,4])` → `(1, 2),(3, 4)`

`cube` (`cube`, `float8`) → `cube`
Создаёт новый куб, добавляя размерность к существующему кубу с одинаковым значением новой координаты для обеих углов. Это бывает полезно, когда нужно построить кубы поэтапно из вычисляемых значений.
`cube('(1,2),(3,4)'::cube, 5)` → `(1, 2, 5),(3, 4, 5)`

`cube` (`cube`, `float8`, `float8`) → `cube`
Создаёт новый куб, добавляя размерность к существующему кубу. Это бывает полезно, когда нужно построить кубы поэтапно из вычисляемых значений.
`cube('(1,2),(3,4)'::cube, 5, 6)` → `(1, 2, 5),(3, 4, 6)`

`cube_dim` (`cube`) → `integer`
Возвращает число размерностей куба.
`cube_dim('(1,2),(3,4)')` → `2`

`cube_ll_coord` (`cube`, `integer`) → `float8`
Выдаёт значение *n*-й координаты левого нижнего угла куба.
`cube_ll_coord('(1,2),(3,4)', 2)` → `2`

`cube_ur_coord` (`cube`, `integer`) → `float8`
Выдаёт значение *n*-й координаты правого верхнего угла куба.
`cube_ur_coord('(1,2),(3,4)', 2)` → `4`

`cube_is_point` (`cube`) → `boolean`
Возвращает true, если куб является точкой, то есть если два определяющих его угла совпадают.
`cube_is_point(cube(1,1))` → `t`

`cube_distance` (`cube`, `cube`) → `float8`
Возвращает расстояние между двумя кубами. Если оба куба являются точками, вычисляется обычная функция расстояния.
`cube_distance('(1,2)', '(3,4)')` → `2.8284271247461903`

`cube_subset` (`cube`, `integer[]`) → `cube` Создаёт новый куб из существующего, используя список размерностей из массива. Может применяться для получения координат углов в одном измерении, для удаления измерений и изменения их порядка.

Функция Описание Примеры
`cube_subset(cube('(1,3,5),(6,7,8)'), ARRAY[2])` → `(3),(7)` `cube_subset(cube('(1,3,5),(6,7,8)'), ARRAY[3,2,1,1])` → `(5, 3, 1, 1),(8, 7, 6, 6)`

`cube_union` (`cube`, `cube`) → `cube`
Создаёт объединение двух кубов.
`cube_union('(1,2)', '(3,4)')` → `(1, 2),(3, 4)`

`cube_inter` (`cube`, `cube`) → `cube`
Создаёт пересечение двух кубов.
`cube_inter('(1,2)', '(3,4)')` → `(3, 4),(1, 2)`

`cube_enlarge` (*c* `cube`, *r* `double`, *n* `integer`) → `cube`
Увеличивает размер куба на заданный радиус *r* как минимум в *n* измерениях. Если радиус отрицательный, куб, наоборот, уменьшается. Все определённые измерения изменяются на величину радиуса *r*. Координаты левого нижнего угла уменьшаются на *r*, а координаты правого верхнего увеличиваются на *r*. Если координата левого нижнего угла становится больше соответствующей координаты правого верхнего (это возможно, только когда $r < 0$), обоим координатам присваивается их среднее значение. Если *n* превышает число определённых измерений и куб увеличивается ($r > 0$), добавляются дополнительные размерности, недостающие до *n*; начальным значением для дополнительных координат считается ноль. Эта функция полезна для создания окружающих точку прямоугольников для поиска ближайших точек.
`cube_enlarge('(1,2),(3,4)', 0.5, 3)` → `(0.5, 1.5, -0.5),(3.5, 4.5, 0.5)`

F.9.4. Поведение по умолчанию

Я полагаю, что это объединение:

```
select cube_union('(0,5,2),(2,3,1)', '0');
cube_union
-------------------
(0, 0, 0),(2, 5, 2)
(1 row)
```

не противоречит здравому смыслу, как и это пересечение

```
select cube_inter('(0,-1),(1,1)', '(-2),(2)');
cube_inter
-------------
(0, 0),(1, 0)
(1 row)
```

Во всех бинарных операциях с кубами разных размерностей, я полагаю, что куб с меньшей размерностью является декартовой проекцией; то есть в опущенных в строковом представлении координатах предполагаются нули. Таким образом, показанные выше вызовы равнозначны следующим:

```
cube_union('(0,5,2),(2,3,1)','(0,0,0),(0,0,0)');
cube_inter('(0,-1),(1,1)','(-2,0),(2,0)');
```

В следующем предикате включения применяется синтаксис точек, хотя фактически второй аргумент представляется внутри кубом. Этот синтаксис избавляет от необходимости определять отдельный тип точек и функции для предикатов (cube,point).

```
select cube_contains('(0,0),(1,1)', '0.5,0.5');
cube_contains
```

```
--------------
t
(1 row)
```

F.9.5. Примечания

Примеры использования можно увидеть в регрессионном тесте `sql/cube.sql`.

Во избежание некорректного применения этого типа, число размерностей кубов искусственно ограничено значением 100. Если это ограничение вас не устраивает, его можно изменить в `cubedata.h`.

F.9.6. Благодарности

Первый автор: Джин Селков мл. `<selkovjr@mcs.anl.gov>`, Аргоннская национальная лаборатория, Отдел математики и компьютерных наук

Я очень благодарен в первую очередь профессору Джо Геллерштейну (*https://dsf.berkeley.edu/jmh/*) за пояснение сути GiST (*http://gist.cs.berkeley.edu/*) и его бывшему студенту, Энди Донгу, за пример, написанный для Illustra. Я также признателен всем разработчикам Postgres в настоящем и прошлом за возможность создать свой собственный мир и спокойно жить в нём. Ещё я хотел бы выразить признательность Аргоннской лаборатории и Министерству энергетики США за годы постоянной поддержки моих исследований в области баз данных.

Небольшие изменения в этот пакет внёс Бруно Вольф III `<bruno@wolff.to>` в августе/сентябре 2002 г. В том числе он перешёл от одинарной к двойной точности и добавил несколько новых функций.

Дополнительные изменения внёс Джошуа Рейх `<josh@root.net>` в июле 2006 г. В частности, он добавил `cube(float8[], float8[])`, подчистил код и перевёл его на протокол вызовов версии V1 с устаревшего протокола V0.

F.10. dblink

Модуль `dblink` обеспечивает подключения к другим базам данных PostgreSQL из сеанса базы данных.

См. также описание модуля postgres_fdw, который предоставляет примерно ту же функциональность, но через более современную и стандартизированную инфраструктуру.

dblink_connect

dblink_connect — открывает постоянное подключение к удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_connect(text connstr) returns text
dblink_connect(text connname, text connstr) returns text
```

Описание

Функция `dblink_connect()` устанавливает подключение к удалённой базе данных PostgreSQL. Целевой сервер и база данных указываются в стандартной строке подключения libpq. Если требуется, этому подключению можно назначить имя. В один момент времени могут быть открытыми несколько именованных подключений, но только одно подключение без имени. Подключение будет сохраняться, пока не будет закрыто или до завершения сеанса базы данных.

В строке подключения также может задаваться имя существующего стороннего сервера. Для определения стороннего сервера рекомендуется использовать обёртку сторонних данных `dblink_fdw`. См. пример ниже, а также CREATE SERVER и CREATE USER MAPPING.

Аргументы

connname

Имя, назначаемое этому подключению; если опускается, открывается безымянное подключение, заменяющее ранее существующее безымянное подключение.

connstr

Строка подключения в стиле libpq, например `hostaddr=127.0.0.1 port=5432 dbname=mydb user=postgres password=mypasswd options=-csearch_path=`. За подробностями обратитесь к Подразделу 33.1.1. В ней также может задаваться имя стороннего сервера.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (это всегда строка `OK`, так как в случае любой ошибки функция прерывается, выдавая исключение).

Примечания

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Например, для этого можно добавить `options=-csearch_path=` в *connstr*. Это касается не только `dblink`, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

Создавать подключения, не требующие аутентификации по паролю, с помощью `dblink_connect` разрешено только суперпользователям. Если эта возможность нужна обычным пользователям, следует воспользоваться функцией `dblink_connect_u`.

Использовать в именах подключений знаки «равно» не рекомендуется, так как при этом возможна путаница со строками подключений в других функциях `dblink`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=postgres options=-csearch_path=');
```

```
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

-- Функциональность обёртки сторонних данных (FOREIGN DATA WRAPPER)
-- Замечание: чтобы это работало, для локальных подключений требуется аутентификация по
 паролю
--       В противном случае, вызвав dblink_connect(), вы получите:
--       ERROR:  password is required
--       DETAIL:  Non-superuser cannot connect if the server does not request a
 password.
--       HINT:  Target server's authentication method must be changed.
--
--       ОШИБКА:  требуется пароль
--       ПОДРОБНОСТИ:  Обычный пользователь не может подключиться, если сервер не
 требует пароль.
--       ПОДСКАЗКА:  Необходимо изменить метод аутентификации целевого сервера.

CREATE SERVER fdtest FOREIGN DATA WRAPPER dblink_fdw OPTIONS (hostaddr '127.0.0.1',
 dbname 'contrib_regression');

CREATE USER regress_dblink_user WITH PASSWORD 'secret';
CREATE USER MAPPING FOR regress_dblink_user SERVER fdtest OPTIONS (user
 'regress_dblink_user', password 'secret');
GRANT USAGE ON FOREIGN SERVER fdtest TO regress_dblink_user;
GRANT SELECT ON TABLE foo TO regress_dblink_user;

\set ORIGINAL_USER :USER
\c - regress_dblink_user
SELECT dblink_connect('myconn', 'fdtest');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT * FROM dblink('myconn', 'SELECT * FROM foo') AS t(a int, b text, c text[]);
 a  | b |       c
----+---+---------------
  0 | a | {a0,b0,c0}
  1 | b | {a1,b1,c1}
  2 | c | {a2,b2,c2}
  3 | d | {a3,b3,c3}
  4 | e | {a4,b4,c4}
  5 | f | {a5,b5,c5}
  6 | g | {a6,b6,c6}
  7 | h | {a7,b7,c7}
  8 | i | {a8,b8,c8}
  9 | j | {a9,b9,c9}
 10 | k | {a10,b10,c10}
(11 rows)

\c - :ORIGINAL_USER
REVOKE USAGE ON FOREIGN SERVER fdtest FROM regress_dblink_user;
REVOKE SELECT ON TABLE foo FROM regress_dblink_user;
DROP USER MAPPING FOR regress_dblink_user SERVER fdtest;
DROP USER regress_dblink_user;
DROP SERVER fdtest;
```

dblink_connect_u

dblink_connect_u — открывает постоянное подключение к удалённой базе данных, небезопасно

Синтаксис

```
dblink_connect_u(text connstr) returns text
dblink_connect_u(text connname, text connstr) returns text
```

Описание

Функция `dblink_connect_u()` не отличается от `dblink_connect()`, за исключением того, что она позволяет подключаться с любым методом аутентификации обычным пользователям.

Если удалённый сервер выбирает режим аутентификации без пароля, возможно олицетворение и последующее повышение привилегий, так как сеанс будет установлен от имени пользователя, который исполняет локальный процесс PostgreSQL. Кроме того, даже если удалённый сервер запрашивает пароль, этот пароль можно получить из среды сервера, например, из файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю сервера. Это чревато не только олицетворением, но и выдачей пароля не заслуживающему доверия удалённому серверу. Поэтому `dblink_connect_u()` изначально устанавливается так, что роль `PUBLIC` лишена всех прав на её использование, то есть вызывать её могут только суперпользователи. В некоторых ситуациях допустимо дать право `EXECUTE` для `dblink_connect_u()` определённым пользователям, которым можно доверять, но это нужно делать осторожно. Также рекомендуется убедиться в том, что файл `~/.pgpass`, принадлежащий пользователю сервера, *не* содержит никаких записей со звёздочкой в качестве имени узла.

За дополнительными подробностями обратитесь к описанию `dblink_connect()`.

dblink_disconnect

dblink_disconnect — закрывает постоянное подключение к удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_disconnect() returns text
dblink_disconnect(text connname) returns text
```

Описание

`dblink_disconnect()` закрывает подключение, ранее открытое функцией `dblink_connect()`. Форма без аргументов закрывает безымянное подключение.

Аргументы

connname

Имя закрываемого именованного подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (это всегда строка `OK`, так как в случае любой ошибки функция прерывается, выдавая исключение).

Примеры

```
SELECT dblink_disconnect();
 dblink_disconnect
-------------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_disconnect('myconn');
 dblink_disconnect
-------------------
 OK
(1 row)
```

dblink

dblink — выполняет запрос в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink(text connname, text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink(text connstr, text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink(text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
```

Описание

`dblink` выполняет запрос (обычно `SELECT`, но это может быть и любой другой оператор SQL, возвращающий строки) в удалённой базе данных.

Когда этой функции передаются два аргумента типа `text`, первый сначала рассматривается как имя постоянного подключения; если такое подключение находится, команда выполняется для него. Если не находится, первый аргумент воспринимается как строка подключения, как для функции `dblink_connect`, и заданное подключение устанавливается только на время выполнения этой команды.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

connstr

Строка подключения, описанная ранее для `dblink_connect`

sql

SQL-запрос, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `select * from foo`.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Эта функция возвращает строки, выдаваемые в результате запроса. Так как `dblink` может выполнять произвольные запросы, она объявлена как возвращающая тип `record`, а не некоторый определённый набор столбцов. Это означает, что вы должны указать ожидаемый набор столбцов в вызывающем запросе — в противном случае PostgreSQL не будет знать, чего ожидать. Например:

```
SELECT *
    FROM dblink('dbname=mydb options=-csearch_path=',
                'select proname, prosrc from pg_proc')
      AS t1(proname name, prosrc text)
    WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

В части «псевдонима» предложения `FROM` должны указываться имена столбцов и типы, которые будет возвращать функция. (Указание имён столбцов в псевдониме таблицы предусмотрено стандартом SQL, но определение типов столбцов является расширением PostgreSQL.) Это позволяет системе понять, во что должно разворачиваться обозначение `*`, и на что ссылается `proname` в предложении `WHERE`, прежде чем пытаться выполнять эту функцию. Во время выполнения произойдёт ошибка, если действительный результат запроса из удалённой базы данных не будет содержать столько столбцов, сколько указано в предложении FROM. Однако имена столбцов могут не совпадать, так же, как dblink не настаивает на точном совпадении типов. Функция завершится успешно, если возвращаемые строки данных будут допустимыми для ввода в тип столбца, объявленный в предложении FROM.

Примечания

Использовать dblink с предопределёнными запросами будет удобнее, если создать представление. Это позволит скрыть в его определении информацию о типах столбцов и не выписывать её в каждом запросе. Например:

```
CREATE VIEW myremote_pg_proc AS
  SELECT *
    FROM dblink('dbname=postgres options=-csearch_path=',
                'select proname, prosrc from pg_proc')
    AS t1(proname name, prosrc text);

SELECT * FROM myremote_pg_proc WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

Примеры

```
SELECT * FROM dblink('dbname=postgres options=-csearch_path=',
                     'select proname, prosrc from pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
  proname   |   prosrc
------------+------------
 byteacat   | byteacat
 byteaeq    | byteaeq
 bytealt    | bytealt
 byteale    | byteale
 byteagt    | byteagt
 byteage    | byteage
 byteane    | byteane
 byteacmp   | byteacmp
 bytealike  | bytealike
 byteanlike | byteanlike
 byteain    | byteain
 byteaout   | byteaout
(12 rows)

SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT * FROM dblink('select proname, prosrc from pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
  proname   |   prosrc
------------+------------
 byteacat   | byteacat
 byteaeq    | byteaeq
 bytealt    | bytealt
 byteale    | byteale
 byteagt    | byteagt
 byteage    | byteage
 byteane    | byteane
 byteacmp   | byteacmp
 bytealike  | bytealike
 byteanlike | byteanlike
```

```
 byteain    | byteain
 byteaout   | byteaout
(12 rows)

SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=regression options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT * FROM dblink('myconn', 'select proname, prosrc from pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
  proname   |   prosrc
------------+------------
 byterecv   | byterecv
 byteasend  | byteasend
 byteale    | byteale
 byteagt    | byteagt
 byteage    | byteage
 byteane    | byteane
 byteacmp   | byteacmp
 bytealike  | bytealike
 byteanlike | byteanlike
 byteacat   | byteacat
 byteaeq    | byteaeq
 bytealt    | bytealt
 byteain    | byteain
 byteaout   | byteaout
(14 rows)
```

dblink_exec

dblink_exec — выполняет команду в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_exec(text connname, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_exec(text connstr, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_exec(text sql [, bool fail_on_error]) returns text
```

Описание

Функция `dblink_exec` выполняет команду (то есть любой SQL-оператор, не возвращающий строки) в удалённой базе данных.

Когда этой функции передаются два аргумента типа `text`, первый сначала рассматривается как имя постоянного подключения; если такое подключение находится, команда выполняется для него. Если не находится, первый аргумент воспринимается как строка подключения, как для функции `dblink_connect`, и заданное подключение устанавливается только на время выполнения этой команды.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

connstr

Строка подключения, описанная ранее для `dblink_connect`

sql

SQL-запрос, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `insert into foo values(0, 'a', '{"a0","b0","c0"}')`.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (либо строку состояния команды, либо `ERROR`).

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=dblink_test_standby');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_exec('insert into foo values(21, ''z'', ''{"a0","b0","c0"}'');');
   dblink_exec
-----------------
 INSERT 943366 1
(1 row)
```

```
SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=regression');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_exec('myconn', 'insert into foo values(21, ''z'',
 ''{"a0","b0","c0"}'');');
   dblink_exec
------------------
 INSERT 6432584 1
(1 row)

SELECT dblink_exec('myconn', 'insert into pg_class values (''foo'')',false);
NOTICE:  sql error
DETAIL:  ERROR:  null value in column "relnamespace" violates not-null constraint

 dblink_exec
-------------
 ERROR
(1 row)
```

dblink_open

dblink_open — открывает курсор в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_open(text cursorname, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_open(text connname, text cursorname, text sql [, bool fail_on_error]) returns
 text
```

Описание

Функция `dblink_open()` открывает курсор в удалённой базе данных. Открытым курсором можно будет манипулировать функциями `dblink_fetch()` и `dblink_close()`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя, назначаемое курсору.

sql

Оператор `SELECT`, который вы хотите выполнять в удалённой базе данных, например `select * from pg_class`.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние, `OK` или `ERROR`.

Примечания

Так как курсор может существовать только в рамках транзакции, функция `dblink_open` начинает явный блок транзакции (командой `BEGIN`) на удалённой стороне, если транзакция там ещё не открыта. Эта транзакция будет снова закрыта при соответствующем вызове `dblink_close`. Заметьте, что если вы с помощью `dblink_exec` изменяете данные между вызовами `dblink_open` и `dblink_close`, а затем происходит ошибка, либо если вы вызываете `dblink_disconnect` перед `dblink_close`, ваши изменения *будут потеряны*, так как транзакция будет прервана.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_open('foo', 'select proname, prosrc from pg_proc');
 dblink_open
-------------
```

```
 OK
(1 row)
```

dblink_fetch

dblink_fetch — возвращает строки из открытого курсора в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_fetch(text cursorname, int howmany [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink_fetch(text connname, text cursorname, int howmany [, bool fail_on_error])
 returns setof record
```

Описание

`dblink_fetch` выбирает строки из курсора, ранее открытого функцией `dblink_open`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя курсора, из которого выбираются данные.

howmany

Максимальное число строк, которое нужно получить. Данная функция выбирает через курсор следующие *howmany* строк, начиная с текущей позиции курсора и двигаясь вперёд. Когда курсор доходит до конца, строки больше не выдаются.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Эта функция возвращает строки, выбираемые через курсор. Для использования этой функции необходимо задать ожидаемый набор столбцов, как ранее говорилось в описании `dblink`.

Примечания

При несовпадении числа возвращаемых столбцов, определённого в предложении `FROM`, с фактическим числом столбцов, возвращённых удалённым курсором, выдаётся ошибка. В этом случае удалённый курсор всё равно продвигается на столько строк, на сколько он продвинулся бы, если бы ошибка не произошла. То же самое верно для любых других ошибок, происходящих при локальной обработке результатов после выполнения удалённой команды `FETCH`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_open('foo', 'select proname, prosrc from pg_proc where proname like
 ''bytea%''');
 dblink_open
-------------
```

```
 OK
(1 row)

SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname |  source
----------+----------
 byteacat | byteacat
 byteacmp | byteacmp
 byteaeq  | byteaeq
 byteage  | byteage
 byteagt  | byteagt
(5 rows)

SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname  |  source
-----------+-----------
 byteain   | byteain
 byteale   | byteale
 bytealike | bytealike
 bytealt   | bytealt
 byteane   | byteane
(5 rows)

SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
  funcname  |   source
------------+------------
 byteanlike | byteanlike
 byteaout   | byteaout
(2 rows)

SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname | source
----------+--------
(0 rows)
```

dblink_close

dblink_close — закрывает курсор в текущей базе данных

Синтаксис

```
dblink_close(text cursorname [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_close(text connname, text cursorname [, bool fail_on_error]) returns text
```

Описание

`dblink_close` закрывает курсор, ранее открытый функцией `dblink_open`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя курсора, который будет закрыт.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние, `OK` или `ERROR`.

Примечания

Если вызов `dblink_open` начал явный блок транзакции и это последний открытый курсор, остававшийся в этом подключении, то `dblink_close` выполнит соответствующую команду `COMMIT`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_open('foo', 'select proname, prosrc from pg_proc');
 dblink_open
-------------
 OK
(1 row)

SELECT dblink_close('foo');
 dblink_close
--------------
 OK
(1 row)
```

dblink_get_connections

dblink_get_connections — возвращает имена всех открытых именованных подключений dblink

Синтаксис

```
dblink_get_connections() returns text[]
```

Описание

`dblink_get_connections` возвращает массив имён всех открытых именованных подключений `dblink`.

Возвращаемое значение

Возвращает текстовый массив имён подключений, либо NULL, если они отсутствуют.

Примеры

```
SELECT dblink_get_connections();
```

dblink_error_message

dblink_error_message — выдаёт сообщение последней ошибки для именованного подключения

Синтаксис

```
dblink_error_message(text connname) returns text
```

Описание

`dblink_error_message` извлекает самое последнее сообщение удалённой ошибки для заданного подключения.

Аргументы

`connname`

Имя используемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает сообщение последней ошибки либо `OK`, если в сеансе этого подключения не было ошибок.

Примечания

Когда функцией `dblink_send_query` передаются асинхронные запросы, сообщение об ошибке, связанное с текущим подключением, может не измениться до получения от сервера ответного сообщения. Поэтому обычно до вызова `dblink_error_message` следует вызывать функцию `dblink_is_busy` или `dblink_get_result`, чтобы ошибка, возникшая при выполнении асинхронного запроса, не осталась незамеченной.

Примеры

```
SELECT dblink_error_message('dtest1');
```

dblink_send_query

dblink_send_query — передаёт асинхронный запрос в удалённую базу данных

Синтаксис

```
dblink_send_query(text connname, text sql) returns int
```

Описание

`dblink_send_query` передаёт запрос для асинхронного выполнения, то есть не дожидается получения результата. С этим подключением не должен быть связан уже выполняющийся асинхронный запрос.

После успешной передачи асинхронного запроса состояние его завершения можно проверять, вызывая функцию `dblink_is_busy`, и в итоге получать данные, вызвав `dblink_get_result`. Также можно попытаться отменить активный асинхронный запрос, вызвав `dblink_cancel_query`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

sql

Оператор SQL, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `select * from pg_class`.

Возвращаемое значение

Возвращает 1, если запрос был успешно отправлен на обработку, или 0 в противном случае.

Примеры

```
SELECT dblink_send_query('dtest1', 'SELECT * FROM foo WHERE f1 < 3');
```

dblink_is_busy

dblink_is_busy — проверяет, не выполняется ли через подключение асинхронный запрос

Синтаксис

```
dblink_is_busy(text connname) returns int
```

Описание

`dblink_is_busy` проверяет, не выполняется ли асинхронный запрос.

Аргументы

connname

Имя проверяемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает 1, если подключение занято, или 0 в противном случае. Если эта функция возвращает 0, гарантируется, что вызов `dblink_get_result` не будет заблокирован.

Примеры

```
SELECT dblink_is_busy('dtest1');
```

dblink_get_notify

dblink_get_notify — выдаёт асинхронные уведомления подключения

Синтаксис

```
dblink_get_notify() returns setof (notify_name text, be_pid int, extra text)
dblink_get_notify(text connname) returns setof (notify_name text, be_pid int, extra
 text)
```

Описание

`dblink_get_notify` выдаёт уведомления либо безымянного подключения, либо подключения с заданным именем. Чтобы получать уведомления через dblink, необходимо сначала выполнить `LISTEN`, воспользовавшись функцией `dblink_exec`. За подробностями обратитесь к LISTEN и NOTIFY.

Аргументы

connname

Имя именованного подключения, уведомления которого нужно получить.

Возвращаемое значение

Возвращает `setof (notify_name text, be_pid int, extra text)` или пустой набор, если уведомлений нет.

Примеры

```
SELECT dblink_exec('LISTEN virtual');
 dblink_exec
-------------
 LISTEN
(1 row)

SELECT * FROM dblink_get_notify();
 notify_name | be_pid | extra
-------------+--------+-------
(0 rows)

NOTIFY virtual;
NOTIFY

SELECT * FROM dblink_get_notify();
 notify_name | be_pid | extra
-------------+--------+-------
 virtual     |   1229 |
(1 row)
```

dblink_get_result

dblink_get_result — получает результат асинхронного запроса

Синтаксис

```
dblink_get_result(text connname [, bool fail_on_error]) returns setof record
```

Описание

`dblink_get_result` получает результаты асинхронного запроса, запущенного ранее вызовом `dblink_send_query`. Если запрос ещё выполняется, `dblink_get_result` будет ждать его завершения.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

fail_on_error

Если равен true (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен false, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Для асинхронного запроса (то есть, SQL-оператора, возвращающего строки) эта функция выдаёт строки, полученные в результате запроса. Чтобы использовать эту функцию, вы должны задать ожидаемый набор столбцов, как ранее говорилось в описании `dblink`.

Для асинхронной команды (то есть, SQL-оператора, не возвращающего строки), эта функция возвращает одну строку с одним текстовым столбцом, содержащим строку состояния команды. Для такого вызова в предложении `FROM` так же необходимо определить, что результат будет содержать один текстовый столбец.

Примечания

Эта функция *должна* вызываться, если `dblink_send_query` возвращает 1. Её нужно вызывать по одному разу для каждого отправленного запроса, а затем ещё раз для получения пустого набора данных, прежде чем подключением можно будет пользоваться снова.

Когда используются `dblink_send_query` и `dblink_get_result`, подсистема dblink получает весь набор удалённых результатов, прежде чем передавать его для локальной обработки. Если запрос возвращает большое количество строк, это может занимать много памяти в локальном сеансе. Поэтому может быть лучше открыть такой запрос как курсор, вызвав `dblink_open`, а затем выбирать результаты удобоваримыми порциями. Кроме того, можно воспользоваться простой функцией `dblink()`, которая не допускает заполнения памяти, выгружая большие наборы результатов на диск.

Примеры

```
contrib_regression=# SELECT dblink_connect('dtest1', 'dbname=contrib_regression');
 dblink_connect
----------------
 OK
(1 row)

contrib_regression=# SELECT * FROM
```

```
contrib_regression-# dblink_send_query('dtest1', 'select * from foo where f1 < 3') AS
 t1;
 t1
----
  1
(1 row)

contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
 f3 text[]);
 f1 | f2 |     f3
----+----+------------
  0 | a  | {a0,b0,c0}
  1 | b  | {a1,b1,c1}
  2 | c  | {a2,b2,c2}
(3 rows)

contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
 f3 text[]);
 f1 | f2 | f3
----+----+----
(0 rows)

contrib_regression=# SELECT * FROM
contrib_regression-# dblink_send_query('dtest1', 'select * from foo where f1 < 3;
 select * from foo where f1 > 6') AS t1;
 t1
----
  1
(1 row)

contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
 f3 text[]);
 f1 | f2 |     f3
----+----+------------
  0 | a  | {a0,b0,c0}
  1 | b  | {a1,b1,c1}
  2 | c  | {a2,b2,c2}
(3 rows)

contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
 f3 text[]);
 f1 | f2 |      f3
----+----+---------------
  7 | h  | {a7,b7,c7}
  8 | i  | {a8,b8,c8}
  9 | j  | {a9,b9,c9}
 10 | k  | {a10,b10,c10}
(4 rows)

contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
 f3 text[]);
 f1 | f2 | f3
----+----+----
(0 rows)
```

dblink_cancel_query

dblink_cancel_query — отменяет любой активный запрос в заданном подключении

Синтаксис

```
dblink_cancel_query(text connname) returns text
```

Описание

Функция `dblink_cancel_query` пытается отменить любой запрос, выполняющийся через заданное подключение. Заметьте, что её вызов не обязательно будет успешным (например, потому что удалённый запрос уже завершился). Запрос отмены просто увеличивает шансы того, что выполняющийся запрос будет вскоре прерван. При этом всё равно нужно завершить обычную процедуру обработки запроса, например, вызвать `dblink_get_result`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает `OK`, если запрос отмены был отправлен, либо текст сообщения об ошибке в случае неудачи.

Примеры

```
SELECT dblink_cancel_query('dtest1');
```

dblink_get_pkey

dblink_get_pkey — возвращает позиции и имена полей первичного ключа отношения

Синтаксис

```
dblink_get_pkey(text relname) returns setof dblink_pkey_results
```

Описание

Функция `dblink_get_pkey` выдаёт информацию о первичном ключе отношения в локальной базе данных. Иногда это полезно при формировании запросов, отправляемых в удалённые базы данных.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

Возвращаемое значение

Возвращает одну строку для каждого поля первичного ключа, либо не возвращает строк, если в отношении нет первичного ключа. Тип результирующей строки определён как

```
CREATE TYPE dblink_pkey_results AS (position int, colname text);
```

В столбце `position` содержится число от 1 до *N*; это номер поля в первичном ключе, а не номер столбца в списке столбцов таблицы.

Примеры

```
CREATE TABLE foobar (
    f1 int,
    f2 int,
    f3 int,
    PRIMARY KEY (f1, f2, f3)
);
CREATE TABLE

SELECT * FROM dblink_get_pkey('foobar');
 position | colname
----------+---------
        1 | f1
        2 | f2
        3 | f3
(3 rows)
```

dblink_build_sql_insert

dblink_build_sql_insert — формирует оператор INSERT из локального кортежа, заменяя значения полей первичного ключа переданными альтернативными значениями

Синтаксис

```
dblink_build_sql_insert(text relname,
                        int2vector primary_key_attnums,
                        integer num_primary_key_atts,
                        text[] src_pk_att_vals_array,
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_insert` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она выбирает строку из локальной таблицы по заданному первичному ключу, а затем формирует SQL-команду `INSERT`, дублирующую эту строку, но заменяет в ней значения первичного ключа данными из последнего аргумента. (Чтобы получить точную копию строки, просто укажите одинаковые значения в двух последних аргументах.)

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

src_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, по которым будет выполняться поиск локального кортежа. Каждое поле здесь представляется в текстовом виде. Если локальной строки с этими значениями первичного ключа нет, выдаётся ошибка.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут помещены в результирующую команду `INSERT`. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Примечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_insert('foo', '1 2', 2, '{"1", "a"}', '{"1", "b''a"}');
```

```
             dblink_build_sql_insert
--------------------------------------------------
 INSERT INTO foo(f1,f2,f3) VALUES('1','b''a','1')
(1 row)
```

dblink_build_sql_delete

dblink_build_sql_delete — формирует оператор DELETE со значениями, передаваемыми для полей первичного ключа

Синтаксис

```
dblink_build_sql_delete(text relname,
                        int2vector primary_key_attnums,
                        integer num_primary_key_atts,
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_delete` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она формирует SQL-команду `DELETE`, которая удалит строку с заданными значениями первичного ключа.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут использоваться в результирующей команде `DELETE`. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Примечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_delete('"MyFoo"', '1 2', 2, '{"1", "b"}');
           dblink_build_sql_delete
---------------------------------------------
 DELETE FROM "MyFoo" WHERE f1='1' AND f2='b'
(1 row)
```

dblink_build_sql_update

dblink_build_sql_update — формирует оператор UPDATE из локального кортежа, заменяя значения первичного ключа переданными альтернативными значениями

Синтаксис

```
dblink_build_sql_update(text relname,
                        int2vector primary_key_attnums,
                        integer num_primary_key_atts,
                        text[] src_pk_att_vals_array,
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_update` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она выбирает строку из локальной таблицы по заданному первичному ключу, а затем формирует SQL-команду `UPDATE`, дублирующую эту строку, но заменяющую в ней значения первичного ключа данными из последнего аргумента. (Чтобы получить точную копию строки, просто укажите одинаковые значения в двух последних аргументах.) Команда `UPDATE` всегда присваивает значения всем полям строки — основное отличие этой функции от `dblink_build_sql_insert` в том, что она предполагает, что целевая строка уже существует в удалённой таблице.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

src_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, по которым будет выполняться поиск локального кортежа. Каждое поле здесь представляется в текстовом виде. Если локальной строки с этими значениями первичного ключа нет, выдаётся ошибка.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут помещены в результирующую команду `UPDATE`. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Примечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_update('foo', '1 2', 2, '{"1", "a"}', '{"1", "b"}');
                   dblink_build_sql_update
-------------------------------------------------------------
 UPDATE foo SET f1='1',f2='b',f3='1' WHERE f1='1' AND f2='b'
(1 row)
```

F.11. dict_int

Модуль `dict_int` представляет собой пример дополнительного шаблона словаря для полнотекстового поиска. Этот словарь был создан для управляемой индексации целых чисел (со знаком и без); он позволяет индексировать такие числа и при этом избежать чрезмерного разрастания списка уникальных слов, что значительно увеличивает скорость поиска.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.11.1. Конфигурирование

Этот словарь принимает три параметра:

- Параметр `maxlen` задаёт максимальное число цифр, из которого может состоять целое число. Значение по умолчанию — 6.
- Параметр `rejectlong` определяет, должны ли чрезмерно длинные числа усекаться или игнорироваться. Если `rejectlong` имеет значение `false` (по умолчанию), этот словарь возвращает первые `maxlen` цифр целого числа. Если `rejectlong` равен `true`, чрезмерное длинное целое воспринимается как стоп-слово, и в результате не индексируется. Заметьте, это означает, что такое целое нельзя будет найти.
- Параметр `absval` определяет, должны ли удаляться знаки «+» и «-», стоящие перед целыми числами. Значение по умолчанию — `false`. Если этот параметр имеет значение `true`, знак удаляется до того, как рассматривается ограничение `maxlen`.

F.11.2. Использование

При установке расширения `dict_int` в базе создаётся шаблон текстового поиска `intdict_template` и словарь `intdict` на его базе, с параметрами по умолчанию. Вы можете изменить параметры словаря, например так:

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY intdict (MAXLEN = 4, REJECTLONG = true);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

или создать новые словари на базе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb# select ts_lexize('intdict', '12345678');
 ts_lexize
-----------
 {123456}
```

Но для практического применения его нужно включить в конфигурацию текстового поиска, как описано в Главе 12. Это может выглядеть примерно так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
    ALTER MAPPING FOR int, uint WITH intdict;
```

F.12. dict_xsyn

Модуль dict_xsyn (Extended Synonym Dictionary, расширенный словарь синонимов) представляет собой пример дополнительного шаблона словаря для полнотекстового поиска. Этот словарь заменяет слова группами их синонимов, что позволяет находить слово по одному из его синонимов.

F.12.1. Конфигурирование

Словарь dict_xsyn принимает следующие параметры:

- Параметр matchorig определяет, будет ли словарь принимать изначальное слово. По умолчанию он включён (имеет значение true).
- Параметр matchsynonyms определяет, будет ли словарь принимать синонимы. По умолчанию он отключён (имеет значение false).
- Параметр keeporig определяет, будет ли исходное слово включаться в вывод словаря. По умолчанию он включён (имеет значение true).
- Параметр keepsynonyms определяет, будут ли в вывод словаря включаться синонимы. По умолчанию он включён (имеет значение true).
- Параметр rules задаёт базовое имя файла со списком синонимов. Этот файл должен находиться в каталоге $SHAREDIR/tsearch_data/ (где под $SHAREDIR понимается каталог с общими данными инсталляции PostgreSQL). Имя файла должно заканчиваться расширением .rules (которое не нужно указывать в параметре rules).

Файл правил имеет следующий формат:

- Каждая строка представляет группу синонимов для одного слова, которое задаётся первым в этой строке. Символы разделяются пробельными символами, так что строка выглядит так:

  ```
  word syn1 syn2 syn3
  ```
- Символ решётки (#) обозначает начало комментария. Он может находиться в любом месте строки. Следующая за ним часть строки игнорируется.

Пример словаря можно найти в файле xsyn_sample.rules, устанавливаемом в $SHAREDIR/tsearch_data/.

F.12.2. Использование

При установке расширения dict_xsyn в базе создаётся шаблон текстового поиска xsyn_template и словарь xsyn на его базе, с параметрами по умолчанию. Вы можете изменить параметры словаря, например так:

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=false);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

или создать новые словари на базе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'word');
      ts_lexize
-----------------------
 {syn1,syn2,syn3}

mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=true);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY

mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'word');
      ts_lexize
-----------------------
 {word,syn1,syn2,syn3}
```

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=false,
 MATCHSYNONYMS=true);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY

mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'syn1');
      ts_lexize
-----------------------
 {syn1,syn2,syn3}

mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=true,
 MATCHORIG=false, KEEPSYNONYMS=false);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY

mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'syn1');
      ts_lexize
-----------------------
 {word}
```

Но для практического применения его нужно включить в конфигурацию текстового поиска, как описано в Главе 12. Это может выглядеть примерно так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
    ALTER MAPPING FOR word, asciiword WITH xsyn, english_stem;
```

F.13. earthdistance

Модуль `earthdistance` реализует два разных варианта вычисления ортодромии (расстояния между точками на поверхности Земли). Первый описанный вариант зависит от модуля `cube`. Второй вариант основан на встроенном типе данных `point`, в котором в качестве координат задаются широта и долгота.

В этом модуле Земля считается идеальной сферой. (Если для вас это слишком грубо, обратите внимание на проект *PostGIS*.)

Прежде чем устанавливать `earthdistance`, вы должны установить модуль `cube` (хотя можно воспользоваться указанием `CASCADE` команды `CREATE EXTENSION` и установить сразу оба расширения).

> **Внимание**
>
> Расширения `earthdistance` и `cube` настоятельно рекомендуется устанавливать в одну схему, и при этом в данной схеме недоверенные пользователи не должны в настоящем и будущем иметь право CREATE. В противном случае, если в схеме `earthdistance` окажутся объекты, созданные злонамеренным пользователем, возможна угроза безопасности. Более того, используя функции `earthdistance` после установки расширения, следует ограничивать путь поиска только доверенными схемами.

F.13.1. Земные расстояния по кубам

Данные хранятся в кубах, представляющих точки (оба угла куба совпадают) по 3 координатам, выражающим смещения x, y и z от центра Земли. Этот модуль предоставляет домен `earth` на базе `cube`, включающий проверки того, что значение соответствует этим ограничениям и представляет точку, достаточно близкую к сферической поверхности Земли.

Радиус Земли выдаёт функция `earth()` (в метрах). Изменив одну эту функцию, вы можете сделать так, чтобы модуль работал с другими единицами, либо выдать другое значение радиуса, которое кажется вам более подходящим.

Этот пакет может также применяться и для астрономических расчётов. Астрономы обычно меняют функцию `earth()`, чтобы она возвращала радиус, равный `180/pi()`, и расстояния в результате выдавались в градусах.

В этом модуле реализованы функции для ввода данных, выражающих широту и долготу (в градусах), для вывода ширины и долготы, для вычисления ортодромии между двумя точками и простого указания окружающего прямоугольника, что полезно для поиска по индексу.

Предоставляемые этим модулем функции показаны в Таблица F.5.

Таблица F.5. Функции земных расстояний по кубам

Функция Описание
`earth` () → `float8` Возвращает предполагаемый радиус Земли.
`sec_to_gc` (`float8`) → `float8` Переводит расстояние по обычной прямой (по секущей) между двумя точками на поверхности Земли в расстояние между ними по сфере.
`gc_to_sec` (`float8`) → `float8` Переводит расстояние по сфере между двумя точками на поверхности Земли в расстояние по обычной прямой (по секущей) между ними.
`ll_to_earth` (`float8`, `float8`) → `earth` Возвращает положение точки на поверхности Земли по заданной широте (аргумент 1) и долготе (аргумент 2) в градусах.
`latitude` (`earth`) → `float8` Возвращает широту (в градусах) точки на поверхности Земли.
`longitude` (`earth`) → `float8` Возвращает долготу (в градусах) точки на поверхности Земли.
`earth_distance` (`earth`, `earth`) → `float8` Возвращает расстояние по сфере между двумя точками на поверхности Земли.
`earth_box` (`earth`, `float8`) → `cube` Выдаёт охватывающий куб, подходящий для поиска по индексу с применением реализованного для типа `cube` оператора `@>` для точек в пределах заданной ортодромии от цели. Некоторые точки в этом кубе будут отстоять от цели дальше, чем на заданную ортодромию, поэтому в запрос нужно включить вторую проверку с функцией `earth_distance` .

F.13.2. Земные расстояния по точкам

Вторая часть этого модуля основана на представлении точек на Земле в виде значений типа `point`, в которых первый компонент представляет долготу в градусах, а второй — широту. Точки воспринимаются как (долгота, широта), а не наоборот, так как долгота ближе к интуитивному представлению как оси X, а широта — оси Y.

В модуле реализован один оператор, показанный в Таблице F.6.

Таблица F.6. Операторы земных расстояний по точкам

Оператор Описание
`point <@> point` → `float8` Вычисляет расстояние в сухопутных милях между точками на поверхности Земли.

Заметьте, что в этой части модуля, в отличие от части, построенной на `cube`, единицы зашиты жёстко: изменение функции `earth()` не повлияет на результат этого оператора.

Представление в виде долготы/широты плохо тем, что вам придётся учитывать граничные условия возле полюсов и в районе +/- 180 градусов долготы. Представление на базе `cube` лишено таких нарушений непрерывности.

F.14. file_fdw

Модуль `file_fdw` реализует обёртку сторонних данных `file_fdw`, с помощью которой можно обращаться к файлам данных в файловой системе сервера или выполнять программы на сервере и читать их вывод. Файлы и вывод программ должны быть в формате, который понимает команда `COPY FROM`; он рассматривается в описании COPY. В настоящее время файлы доступны только для чтения.

Для сторонней таблицы, создаваемой через эту обёртку, можно задать следующие параметры:

`filename`

Определяет имя файла, который нужно прочитать. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Вы должны определить либо параметр `filename`, либо `program`, но не оба сразу.

`program`

Определяет команду, которая будет выполнена. Поток стандартного вывода этой команды будет прочитан так же, как и с `COPY FROM PROGRAM`. Необходимо определить либо параметр `program`, либо `filename`, но не оба сразу.

`format`

Определяет формат файла (аналогично указанию `FORMAT` в команде `COPY`).

`header`

Указывает, что данные содержат строку заголовка с именами столбцов (аналогично указанию `HEADER` в команде `COPY`).

`delimiter`

Задаёт символ, разделяющий столбцы в данных (аналогично указанию `DELIMITER` в команде `COPY`).

`quote`

Задаёт символ, используемый для заключения данных в кавычки (аналогично указанию `QUOTE` в команде `COPY`).

`escape`

Задаёт символ, используемый для экранирования данных (аналогично указанию `ESCAPE` в команде `COPY`).

`null`

Определяет строку, задающую значение `NULL` в данных (аналогично указанию `NULL` в команде `COPY`).

`encoding`

Задаёт кодировку данных (аналогично указанию `ENCODING` в команде `COPY`).

Заметьте, что хотя `COPY` принимает указания, такие как `HEADER`, без соответствующего значения, синтаксис обёртки сторонних данных требует, чтобы значение присутствовало во всех случаях.

Чтобы активировать указания COPY, которым значение обычно не передаётся, им можно просто передать значение TRUE, так как все они являются логическими.

Для столбцов сторонней таблицы, создаваемой через эту обёртку, можно задать следующие параметры:

force_not_null

Логическое значение. Если true, то значение столбца не должно сверяться со значением NULL (заданным в параметре null на уровне таблицы). Аналогично включению столбца в список указания FORCE_NOT_NULL команды COPY.

force_null

Логическое значение. Если true, значения столбцов нужно сверять со значением NULL (заданным в параметре NULL), даже если они заключены в кавычки. Без этого параметра только значения без кавычек, соответствующие значению null, будут возвращаться как NULL. Аналогично включению столбца в список указания FORCE_NULL команды COPY.

В настоящее время file_fdw не поддерживает указание FORCE_QUOTE команды COPY.

Перечисленные параметры применимы только для сторонних таблиц или их столбцов. Их нельзя указать для обёртки сторонних данных file_fdw, серверов или сопоставлений пользователей, использующих эту обёртку.

Для изменения параметров, определяемых для таблицы, требуется быть суперпользователем или иметь права стандартной роли pg_read_server_files (для указания имени файла) или стандартной роли pg_execute_server_program (для указания программы). Это сделано в целях безопасности: только избранные пользователи должны выбирать, какой файл читать или какую программу запускать. В принципе право изменения остальных параметров можно предоставить и обычным пользователям, но в настоящий момент это не реализовано.

Задавая параметр program, помните, что эта строка выполняется оболочкой ОС. Если вы хотите передавать заданной команде параметры из недоверенного источника, позаботьтесь об исключении или экранировании всех символов, которые могут иметь особое назначение в оболочке. По соображениям безопасности лучше, чтобы эта командная строка была фиксированной или как минимум в ней не передавались данные, поступающие от пользователя.

Для сторонних таблиц, работающих через file_fdw, команда EXPLAIN показывает имя используемого файла или запускаемой программы. Если не указывать COSTS OFF, то выводится и размер файла (в байтах).

Пример F.1. Создание сторонней таблицы для журнала сервера PostgreSQL

Одно из очевидных применений file_fdw — это предоставление доступа к журналу сообщений PostgreSQL как к таблице. Для этого необходимо предварительно настроить вывод сообщений в файл CSV (дальше мы будем считать, что это файл pglog.csv). Сначала установите расширение file_fdw:

```
CREATE EXTENSION file_fdw;
```

Затем создайте сторонний сервер:

```
CREATE SERVER pglog FOREIGN DATA WRAPPER file_fdw;
```

Всё готово для создания сторонней таблицы. В команде CREATE FOREIGN TABLE нужно перечислить столбцы таблицы, указать файл CSV и его формат:

```
CREATE FOREIGN TABLE pglog (
  log_time timestamp(3) with time zone,
```

```
  user_name text,
  database_name text,
  process_id integer,
  connection_from text,
  session_id text,
  session_line_num bigint,
  command_tag text,
  session_start_time timestamp with time zone,
  virtual_transaction_id text,
  transaction_id bigint,
  error_severity text,
  sql_state_code text,
  message text,
  detail text,
  hint text,
  internal_query text,
  internal_query_pos integer,
  context text,
  query text,
  query_pos integer,
  location text,
  application_name text,
  backend_type text
) SERVER pglog
OPTIONS ( filename 'log/pglog.csv', format 'csv' );
```

Вот и всё. Теперь для просмотра журнала сервера можно просто выполнять запросы к таблице. В производственной среде, разумеется, ещё потребуется как-то учесть ротацию файлов журнала.

F.15. fuzzystrmatch

Модуль `fuzzystrmatch` содержит несколько функций для вычисления схожести и расстояния между строками.

> **Внимание**
>
> В настоящее время функции `soundex`, `metaphone`, `dmetaphone` и `dmetaphone_alt` плохо работают с многобайтными кодировками (в частности, с UTF-8).

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.15.1. Soundex

Система Soundex позволяет вычислить похожие по звучанию имена, приводя их к одинаковым кодам. Изначально она использовалась для обработки данных переписи населения США в 1880, 1900 и 1910 г. Заметьте, что эта система не очень полезна для неанглоязычных имён.

Модуль `fuzzystrmatch` предоставляет две функции для работы с кодами Soundex:

```
soundex(text) returns text
difference(text, text) returns int
```

Функция `soundex` преобразует строку в код Soundex. Функция `difference` преобразует две строки в их коды Soundex и затем сообщает количество совпадающих позиций в этих кодах. Так как коды Soundex состоят из четырёх символов, результатом может быть число от нуля до четырёх (0 обозначает полное несоответствие, а 4 — точное совпадение). (Таким образом, имя этой функции не вполне корректное — лучшим именем для неё было бы `similarity`.)

Несколько примеров использования:

```
SELECT soundex('hello world!');

SELECT soundex('Anne'), soundex('Ann'), difference('Anne', 'Ann');
SELECT soundex('Anne'), soundex('Andrew'), difference('Anne', 'Andrew');
SELECT soundex('Anne'), soundex('Margaret'), difference('Anne', 'Margaret');

CREATE TABLE s (nm text);

INSERT INTO s VALUES ('john');
INSERT INTO s VALUES ('joan');
INSERT INTO s VALUES ('wobbly');
INSERT INTO s VALUES ('jack');

SELECT * FROM s WHERE soundex(nm) = soundex('john');

SELECT * FROM s WHERE difference(s.nm, 'john') > 2;
```

F.15.2. Левенштейн

Эта функция вычисляет расстояние Левенштейна между двумя строками:

```
levenshtein(text source, text target, int ins_cost, int del_cost, int sub_cost) returns
 int
levenshtein(text source, text target) returns int
levenshtein_less_equal(text source, text target, int ins_cost, int del_cost, int
 sub_cost, int max_d) returns int
levenshtein_less_equal(text source, text target, int max_d) returns int
```

И в `source`, и в `target` может быть передана любая строка, отличная от NULL, не длиннее 255 символов. Параметры стоимости (ins_cost, del_cost, sub_cost) определяют цену добавления, удаления или замены символов, соответственно. Эти параметры можно опустить, как во второй версии функции; в этом случае все они по умолчанию равны 1.

Функция `levenshtein_less_equal` является ускоренной версией функции Левенштейна, предназначенной для использования, только когда интерес представляют небольшие расстояния. Если фактическое расстояние меньше или равно `max_d`, то `levenshtein_less_equal` возвращает точное его значение; в противном случае она возвращает значение, большее чем `max_d`. Если значение `max_d` отрицательное, она работает так же, как функция `levenshtein`.

Примеры:

```
test=# SELECT levenshtein('GUMBO', 'GAMBOL');
 levenshtein
-------------
           2
(1 row)

test=# SELECT levenshtein('GUMBO', 'GAMBOL', 2, 1, 1);
 levenshtein
-------------
           3
(1 row)

test=# SELECT levenshtein_less_equal('extensive', 'exhaustive', 2);
```

```
 levenshtein_less_equal
------------------------
                      3
(1 row)

test=# SELECT levenshtein_less_equal('extensive', 'exhaustive', 4);
 levenshtein_less_equal
------------------------
                      4
(1 row)
```

F.15.3. Metaphone

Metaphone, как и Soundex, построен на идее составления кода, представляющего входную строку. Две строки признаются похожими, если их коды совпадают.

Эта функция вычисляет код метафона входной строки:

```
metaphone(text source, int max_output_length) returns text
```

В качестве `source` должна передаваться строка, отличная от NULL, не длиннее 255 символов. Параметр `max_output_length` задаёт максимальную длину выходного кода метафона; если код оказывается длиннее, он обрезается до этой длины.

Пример:

```
test=# SELECT metaphone('GUMBO', 4);
 metaphone
-----------
 KM
(1 row)
```

F.15.4. Double Metaphone

Алгоритм Double Metaphone (Двойной метафон) вычисляет две строки «похожего звучания» для заданной строки — «первичную» и «альтернативную». В большинстве случаев они совпадают, но для неанглоязычных имён в особенности они могут быть весьма различными, в зависимости от произношения. Эти функции вычисляют первичный и альтернативный коды:

```
dmetaphone(text source) returns text
dmetaphone_alt(text source) returns text
```

Длина входных строк может быть любой.

Пример:

```
test=# SELECT dmetaphone('gumbo');
 dmetaphone
------------
 KMP
(1 row)
```

F.16. hstore

Этот модуль реализует тип данных `hstore` для хранения пар ключ-значение внутри одного значения PostgreSQL. Это может быть полезно в самых разных сценариях, например для хранения строк со множеством редко анализируемых атрибутов или частично структурированных данных. Ключи и значения задаются простыми текстовыми строками.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.16.1. Внешнее представление hstore

Текстовое представление типа hstore, применяемое для ввода и вывода, включает ноль или более пар *ключ* => *значение*, разделённых запятыми. Несколько примеров:

```
k => v
foo => bar, baz => whatever
"1-a" => "anything at all"
```

Порядок пар не имеет значения (и может не воспроизводиться при выводе). Пробелы между парами и вокруг знака => игнорируются. Ключи и значения, содержащие пробелы, запятые и знаки = или >, нужно заключать в двойные кавычки. Если в ключ или значение нужно вставить символ кавычек или обратную косую черту, добавьте перед ним обратную косую черту.

Все ключи в hstore уникальны. Если вы объявите тип hstore с дублирующимися ключами, в hstore будет сохранён только один ключ без гарантии определённого выбора:

```
SELECT 'a=>1,a=>2'::hstore;
  hstore
----------
 "a"=>"1"
```

В качестве значения (но не ключа) может задаваться SQL NULL. Например:

```
key => NULL
```

В ключевом слове NULL регистр не имеет значения. Если требуется, чтобы текст NULL воспринимался как обычная строка «NULL», заключите его в кавычки.

> **Примечание**
>
> Учтите, что когда текстовый формат hstore используется для ввода данных, он применяется *до* обработки кавычек или спецсимволов. Таким образом, если значение hstore передаётся в параметре, дополнительная обработка не требуется. Но если вы передаёте его в виде строковой константы, то все символы апострофов и (в зависимости от параметра конфигурации standard_conforming_strings) обратной косой черты нужно корректно экранировать. Подробнее о записи строковых констант можно узнать в Подразделе 4.1.2.1.

При выводе значения и ключи всегда заключаются в кавычки, даже когда без этого можно обойтись.

F.16.2. Операторы и функции hstore

Реализованные в модуле hstore операторы перечислены в Таблице F.7, функции — в Таблице F.8.

Таблица F.7. Операторы hstore

Оператор Описание Примеры
hstore -> text → text Выдаёт значение для заданного ключа, или NULL, если он отсутствует. 'a=>x, b=>y'::hstore -> 'a' → x
hstore -> text[] → text[] Выдаёт значения, связанные с заданными ключами, или NULL, если таких ключей нет.

<table>
<tr><th>Оператор
Описание
Примеры</th></tr>
<tr><td>'a=>x, b=>y, c=>z'::hstore -> ARRAY['c','a'] → {"z","x"}</td></tr>
<tr><td>hstore || hstore → hstore
Соединяет два набора hstore.
'a=>b, c=>d'::hstore || 'c=>x, d=>q'::hstore → "a"=>"b", "c"=>"x", "d"=>"q"</td></tr>
<tr><td>hstore ? text → boolean
Набор hstore включает ключ?
'a=>1'::hstore ? 'a' → t</td></tr>
<tr><td>hstore ?& text[] → boolean
Набор hstore содержит все указанные ключи?
'a=>1,b=>2'::hstore ?& ARRAY['a','b'] → t</td></tr>
<tr><td>hstore ?| text[] → boolean
Набор hstore содержит какой-либо из указанных ключей?
'a=>1,b=>2'::hstore ?| ARRAY['b','c'] → t</td></tr>
<tr><td>hstore @> hstore → boolean
Левый операнд содержит правый?
'a=>b, b=>1, c=>NULL'::hstore @> 'b=>1' → t</td></tr>
<tr><td>hstore <@ hstore → boolean
Левый операнд содержится в правом?
'a=>c'::hstore <@ 'a=>b, b=>1, c=>NULL' → f</td></tr>
<tr><td>hstore - text → hstore
Удаляет ключ из левого операнда.
'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'b'::text → "a"=>"1", "c"=>"3"</td></tr>
<tr><td>hstore - text[] → hstore
Удаляет ключи из левого операнда.
'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - ARRAY['a','b'] → "c"=>"3"</td></tr>
<tr><td>hstore - hstore → hstore
Удаляет из левого операнда пары ключ-значение, совпадающие с парами в правом.
'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'a=>4, b=>2'::hstore → "a"=>"1", "c"=>"3"</td></tr>
<tr><td>anyelement #= hstore → anyelement
Заменяет поля в левом операнде, имеющем составной тип, соответствующими значениями из hstore.
ROW(1,3) #= 'f1=>11'::hstore → (11,3)</td></tr>
<tr><td>%% hstore → text[]
Преобразует hstore в массив перемежающихся ключей и значений.
%% 'a=>foo, b=>bar'::hstore → {a,foo,b,bar}</td></tr>
<tr><td>%# hstore → text[]
Преобразует hstore в двумерный массив ключей-значений.
%# 'a=>foo, b=>bar'::hstore → {{a,foo},{b,bar}}</td></tr>
</table>

Примечание

До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения @> и <@ обозначались соответственно как @ и ~. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали геометрические типы данных!

Таблица F.8. Функции hstore

Функция Описание Примеры

`hstore ( record ) → hstore`
Формирует `hstore` из записи или кортежа.
`hstore(ROW(1,2))` → `"f1"=>"1", "f2"=>"2"`

`hstore ( text[] ) → hstore`
Формирует `hstore` из двумерного массива или из массива, содержащего перемежающиеся ключи-значения.
`hstore(ARRAY['a','1','b','2'])` → `"a"=>"1", "b"=>"2"`
`hstore(ARRAY[['c','3'],['d','4']])` → `"c"=>"3", "d"=>"4"`

`hstore ( text[], text[] ) → hstore`
Формирует `hstore` из отдельных массивов ключей и значений.
`hstore(ARRAY['a','b'], ARRAY['1','2'])` → `"a"=>"1", "b"=>"2"`

`hstore ( text, text ) → hstore`
Формирует `hstore` с одним элементом.
`hstore('a', 'b')` → `"a"=>"b"`

`akeys ( hstore ) → text[]`
Извлекает ключи из `hstore` в виде массива.
`akeys('a=>1,b=>2')` → `{a,b}`

`skeys ( hstore ) → setof text`
Извлекает ключи из `hstore` в виде множества.
`skeys('a=>1,b=>2')` →
`a`
`b`

`avals ( hstore ) → text[]`
Извлекает значения из `hstore` в виде массива.
`avals('a=>1,b=>2')` → `{1,2}`

`svals ( hstore ) → setof text`
Извлекает значения `hstore` в виде множества.
`svals('a=>1,b=>2')` →
`1`
`2`

`hstore_to_array ( hstore ) → text[]`
Извлекает ключи и значения из `hstore` в виде массива перемежающихся ключей и значений.
`hstore_to_array('a=>1,b=>2')` → `{a,1,b,2}`

`hstore_to_matrix ( hstore ) → text[]`
Извлекает ключи и значения из `hstore` в виде двумерного массива.
`hstore_to_matrix('a=>1,b=>2')` → `{{a,1},{b,2}}`

`hstore_to_json ( hstore ) → json`

Функция Описание Примеры
Преобразует `hstore` в `json`, переводя все отличные от NULL значения в строки JSON. Эта функция применяется неявно, когда значение `hstore` приводится к типу `json`. `hstore_to_json('"a key"=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')` → `{"a key": "1", "b": "t", "c": null, "d": "12345", "e": "012345", "f": "1.234", "g": "2.345e+4"}`

`hstore_to_jsonb` (`hstore`) → `jsonb`
Преобразует `hstore` в `jsonb`, переводя все отличные от NULL значения в строки JSON. Эта функция применяется неявно, когда значение `hstore` приводится к типу `jsonb`.
`hstore_to_jsonb('"a key"=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')` → `{"a key": "1", "b": "t", "c": null, "d": "12345", "e": "012345", "f": "1.234", "g": "2.345e+4"}`

`hstore_to_json_loose` (`hstore`) → `json`
Преобразует `hstore` в `json`, по возможности распознавая числовые и логические значения и передавая их в JSON без кавычек.
`hstore_to_json_loose('"a key"=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')` → `{"a key": 1, "b": true, "c": null, "d": 12345, "e": "012345", "f": 1.234, "g": 2.345e+4}`

`hstore_to_jsonb_loose` (`hstore`) → `jsonb`
Преобразует `hstore` в `jsonb`, по возможности распознавая числовые и логические значения и передавая их в JSON без кавычек.
`hstore_to_jsonb_loose('"a key"=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')` → `{"a key": 1, "b": true, "c": null, "d": 12345, "e": "012345", "f": 1.234, "g": 2.345e+4}`

`slice` (`hstore`, `text[]`) → `hstore`
Извлекает из `hstore` подмножество, содержащее только заданные ключи.
`slice('a=>1,b=>2,c=>3'::hstore, ARRAY['b','c','x'])` → `"b"=>"2", "c"=>"3"`

`each` (`hstore`) → `setof record` (*key* `text`, *value* `text`)
Извлекает ключи и значения из `hstore` в виде набора записей.
`select * from each('a=>1,b=>2')` →
`key | value`
`-----+-------`
`a   | 1`
`b   | 2`

`exist` (`hstore`, `text`) → `boolean`
Набор `hstore` включает ключ?
`exist('a=>1', 'a')` → `t`

`defined` (`hstore`, `text`) → `boolean`
Значение `hstore` содержит отличное от `NULL` значение для заданного ключа?
`defined('a=>NULL', 'a')` → `f`

`delete` (`hstore`, `text`) → `hstore`
Удаляет пару с соответствующим ключом.
`delete('a=>1,b=>2', 'b')` → `"a"=>"1"`

`delete` (`hstore`, `text[]`) → `hstore`
Удаляет пары с соответствующими ключами.
`delete('a=>1,b=>2,c=>3', ARRAY['a','b'])` → `"c"=>"3"`

Функция Описание Примеры

`delete ( hstore, hstore ) → hstore`
Удаляет пары, соответствующие парам во втором аргументе.
`delete('a=>1,b=>2', 'a=>4,b=>2'::hstore)` → `"a"=>"1"`

`populate_record ( anyelement, hstore ) → anyelement`
Заменяет поля в левом операнде, имеющем составной тип, соответствующими значениями из `hstore`.
`populate_record(ROW(1,2), 'f1=>42'::hstore)` → `(42,2)`

F.16.3. Индексы

Тип `hstore` поддерживает индексы GiST и GIN для операторов `@>`, `?`, `?&` и `?|`. Например:

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING GIST (h);

CREATE INDEX hidx ON testhstore USING GIN (h);
```

Класс операторов GiST `gist_hstore_ops` аппроксимирует набор пар ключ-значение в виде сигнатуры битовой карты. В его необязательном целочисленном параметре `siglen` можно задать размер сигнатуры в байтах. Параметр может принимать значения от 1 до 2024, по умолчанию он равен 16. При увеличении размера сигнатуры поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

Пример создания такого индекса с длиной сигнатуры 32 байта:

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING GIST (h gist_hstore_ops(siglen=32));
```

Тип `hstore` также поддерживает индексы `btree` и `hash` для оператора `=`. Это позволяет объявлять столбцы `hstore` как уникальные (`UNIQUE`) и использовать их в выражениях `GROUP BY`, `ORDER BY` или `DISTINCT`. Порядок сортировки значений `hstore` не имеет практического смысла, но эти индексы могут быть полезны для поиска по равенству. Индексы для сравнений (с помощью `=`) можно создать так:

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING BTREE (h);

CREATE INDEX hidx ON testhstore USING HASH (h);
```

F.16.4. Примеры

Добавление ключа или изменение значения для существующего ключа:

```
UPDATE tab SET h = h || hstore('c', '3');
```

Удаление ключа:

```
UPDATE tab SET h = delete(h, 'k1');
```

Приведение типа `record` к типу `hstore`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);
INSERT INTO test VALUES (123, 'foo', 'bar');

SELECT hstore(t) FROM test AS t;
                   hstore
---------------------------------------------
 "col1"=>"123", "col2"=>"foo", "col3"=>"bar"
(1 row)
```

Приведение типа `hstore` к предопределённому типу `record`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);

SELECT * FROM populate_record(null::test,
                              '"col1"=>"456", "col2"=>"zzz"');
 col1 | col2 | col3
------+------+------
  456 | zzz  |
(1 row)
```

Изменение существующей записи по данным из `hstore`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);
INSERT INTO test VALUES (123, 'foo', 'bar');

SELECT (r).* FROM (SELECT t #= '"col3"=>"baz"' AS r FROM test t) s;
 col1 | col2 | col3
------+------+------
  123 | foo  | baz
(1 row)
```

F.16.5. Статистика

Тип `hstore`, вследствие присущей ему либеральности, может содержать множество самых разных ключей. Контроль допустимости ключей является задачей приложения. Следующие примеры демонстрируют несколько приёмов проверки ключей и получения статистики.

Простой пример:

```
SELECT * FROM each('aaa=>bq, b=>NULL, ""=>1');
```

С таблицей:

```
SELECT (each(h)).key, (each(h)).value INTO stat FROM testhstore;
```

Актуальная статистика:

```
SELECT key, count(*) FROM
  (SELECT (each(h)).key FROM testhstore) AS stat
  GROUP BY key
  ORDER BY count DESC, key;
    key    | count
-----------+-------
 line      |   883
 query     |   207
 pos       |   203
 node      |   202
 space     |   197
 status    |   195
 public    |   194
 title     |   190
 org       |   189
...................
```

F.16.6. Совместимость

Начиная с PostgreSQL 9.0, `hstore` использует внутреннее представление, отличающееся от предыдущих версий. Это не проблема при обновлении путём выгрузки/перезагрузки данных, так как текстовое представление (используемое при выгрузке) не меняется.

В случае двоичного обновления обратная совместимость поддерживается благодаря тому, что новый код понимает данные в старом формате. При таком обновлении возможно небольшое снижение производительности при обработке данных, которые ещё не были изменены новым кодом.

Все значения в столбце таблицы можно обновить принудительно, выполнив следующий оператор UPDATE:

```
UPDATE tablename SET hstorecol = hstorecol || '';
```

Это можно сделать и так:

```
ALTER TABLE tablename ALTER hstorecol TYPE hstore USING hstorecol || '';
```

Вариант с командой ALTER TABLE требует блокировки таблицы в режиме ACCESS EXCLUSIVE, но не приводит к раздуванию таблицы из-за старых версий строк.

F.16.7. Трансформации

Также имеются дополнительные расширения, реализующие трансформации типа hstore для языков PL/Perl и PL/Python. Расширения для PL/Perl называются hstore_plperl и hstore_plperlu для доверенного и недоверенного PL/Perl, соответственно. Если вы установите эти трансформации и укажете их при создании функции, значения hstore будут отображаться в хеши Perl. Расширения для PL/Python называются hstore_plpythonu, hstore_plpython2u и hstore_plpython3u (соглашения об именовании, принятые для интерфейса PL/Python, описаны в Разделе 45.1). Если вы воспользуетесь ими, значения hstore будут отображаться в словари Python.

> **Внимание**
>
> Расширения, реализующие трансформации, настоятельно рекомендуется устанавливать в одну схему с hstore. Выбор какой-либо другой схемы, которая может содержать объекты, созданные злонамеренным пользователем, чреват угрозами безопасности во время установки расширения.

F.16.8. Авторы

Олег Бартунов <oleg@sai.msu.su>, Москва, Московский Государственный Университет, Россия

Фёдор Сигаев <teodor@sigaev.ru>, Москва, ООО «Дельта-Софт», Россия

Дополнительные улучшения внёс Эндрю Гирт <andrew@tao11.riddles.org.uk>, Великобритания

F.17. intagg

Модуль intagg предоставляет агрегатор и нумератор целых чисел. На данный момент имеются встроенные функции, предлагающие более широкие возможности, поэтому intagg считается устаревшим. Однако этот модуль продолжает существовать для обратной совместимости, теперь как набор обёрток встроенных функций.

F.17.1. Функции

Агрегатор реализуется функцией int_array_aggregate(integer), которая выдаёт массив целых чисел, содержащий в точности те числа, что переданы ей. Это обёртка встроенной функции array_agg, которая делает то же самое для массива любого типа.

Нумератор реализуется функцией int_array_enum(integer[]), которая возвращает набор целых (setof integer). По сути его действие обратно действие агрегатора: получив массив целых, он разворачивает его в набор строк. Это оболочка функции unnest, которая делает то же самое для массива любого типа.

F.17.2. Примеры использования

Во многих СУБД есть понятие таблицы соотношений «один ко многим». Такая таблица обычно находится между двумя индексированными таблицами, например:

```
CREATE TABLE left (id INT PRIMARY KEY, ...);
```

```
CREATE TABLE right (id INT PRIMARY KEY, ...);
CREATE TABLE one_to_many(left INT REFERENCES left, right INT REFERENCES right);
```

Как правило, она используется так:

```
SELECT right.* from right JOIN one_to_many ON (right.id = one_to_many.right)
  WHERE one_to_many.left = item;
```

Этот запрос вернёт все элементы из таблицы справа для записи в таблице слева. Это очень распространённая конструкция в SQL.

Однако этот подход может вызывать затруднения с очень большим количеством записей в таблице `one_to_many`. Часто такое соединение влечёт сканирование индекса и выборку каждой записи в таблице справа для конкретного элемента слева. Если у вас динамическая система, с этим ничего не поделать. Но если какое-то множество данных довольно статическое, вы можете создать сводную таблицу, применив агрегатор.

```
CREATE TABLE summary AS
  SELECT left, int_array_aggregate(right) AS right
  FROM one_to_many
  GROUP BY left;
```

Эта команда создаст таблицу, содержащую одну строку для каждого элемента слева с массивом элементов справа. Она малополезна, пока не найден подходящий способ использования этого массива; именно для этого и нужен нумератор массива. Вы можете выполнить:

```
SELECT left, int_array_enum(right) FROM summary WHERE left = элемент;
```

Приведённый выше запрос с вызовом `int_array_enum` выдаёт те же результаты, что и

```
SELECT left, right FROM one_to_many WHERE left = элемент;
```

Отличие состоит в том, что запрос к сводной таблице должен выдать только одну строку таблицы, тогда как непосредственный запрос к `one_to_many` потребует сканирования индекса и выборки строки для каждой записи.

На тестовом компьютере команда `EXPLAIN` показала, что стоимость запроса снизилась с 8488 до 329. Исходный запрос выполнял соединение с таблицей `one_to_many` и был заменён на:

```
SELECT right, count(right) FROM
  ( SELECT left, int_array_enum(right) AS right
    FROM summary JOIN (SELECT left FROM left_table WHERE left = элемент) AS lefts
         ON (summary.left = lefts.left)
  ) AS list
  GROUP BY right
  ORDER BY count DESC;
```

F.18. intarray

Модуль `intarray` предоставляет ряд полезных функций и операторов для работы с массивами целых чисел без NULL. Также он поддерживает поиск по индексу для некоторых из этих операторов.

Все эти операции выдают ошибку, если в передаваемом массиве оказываются значения NULL.

Многие из этих операций имеют смысл только с одномерными массивами. Хотя им можно передать входной массив и большей размерности, значения будут считываться из него как из линейного массива в порядке хранения.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.18.1. Функции и операторы `intarray`

Реализованные в модуле `intarray` функции перечислены в Таблице F.9, а операторы — в Таблице F.10.

Таблица F.9. Функции intarray

Функция Описание Примеры

`icount ( integer[] ) → integer`
Выдаёт число элементов в массиве.
`icount('{1,2,3}'::integer[])` → `3`

`sort ( integer[], dir text ) → integer[]`
Сортирует массив в порядке возрастания или убывания. Направление определяется параметром *dir*, значением которого должно быть `asc` (по возрастанию) или `desc` (по убыванию).
`sort('{1,3,2}'::integer[], 'desc')` → `{3,2,1}`

`sort ( integer[] ) → integer[]`
`sort_asc ( integer[] ) → integer[]`
Сортирует в порядке возрастания.
`sort(array[11,77,44])` → `{11,44,77}`

`sort_desc ( integer[] ) → integer[]`
Сортирует в порядке убывания.
`sort_desc(array[11,77,44])` → `{77,44,11}`

`uniq ( integer[] ) → integer[]`
Удаляет соседние дубликаты. Часто используется вместе с `sort` для удаления всех дубликатов.
`uniq('{1,2,2,3,1,1}'::integer[])` → `{1,2,3,1}`
`uniq(sort('{1,2,3,2,1}'::integer[]))` → `{1,2,3}`

`idx ( integer[], item integer ) → integer`
Выдаёт индекс первого элемента, равного *item*, или 0, если такого элемента нет.
`idx(array[11,22,33,22,11], 22)` → `2`

`subarray ( integer[], start integer, len integer ) → integer[]`
Извлекает часть массива, которая начинается с позиции *start* и содержит *len* элементов.
`subarray('{1,2,3,2,1}'::integer[], 2, 3)` → `{2,3,2}`

`subarray ( integer[], start integer ) → integer[]`
Извлекает часть массива, которая начинается с позиции *start*.
`subarray('{1,2,3,2,1}'::integer[], 2)` → `{2,3,2,1}`

`intset ( integer ) → integer[]`
Создаёт массив с одним элементом.
`intset(42)` → `{42}`

Таблица F.10. Операторы intarray

Оператор Описание
`integer[] && integer[] → boolean` Массивы пересекаются (у них есть минимум один общий элемент)?
`integer[] @> integer[] → boolean` Левый массив содержит правый?
`integer[] <@ integer[] → boolean`

Оператор	Описание
	Левый массив содержится в правом?
`# integer[]` → `integer`	Выдаёт число элементов в массиве.
`integer[] # integer` → `integer`	Выдаёт индекс первого элемента, равного правому аргументу, или 0, если такого элемента нет. (Аналог функции `idx`.)
`integer[] + integer` → `integer[]`	Добавляет элемент в конец массива.
`integer[] + integer[]` → `integer[]`	Соединяет два массива.
`integer[] - integer` → `integer[]`	Удаляет из массива элементы, равные правому аргументу.
`integer[] - integer[]` → `integer[]`	Удаляет из левого массива элементы правого массива.
`integer[] | integer` → `integer[]`	Вычисляет объединение аргументов.
`integer[] | integer[]` → `integer[]`	Вычисляет объединение аргументов.
`integer[] & integer[]` → `integer[]`	Вычисляет пересечение аргументов.
`integer[] @@ query_int` → `boolean`	Массив удовлетворяет запросу? (см. ниже)
`query_int ~~ integer[]` → `boolean`	Массив удовлетворяет запросу? (коммутирующий оператор к `@@`)

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения `@>` и `<@` обозначались соответственно как `@` и `~`. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Операторы `&&`, `@>` и `<@` равнозначны встроенным операторам PostgreSQL с теми же именами, за исключением того, что они работают только с целочисленными массивами, не содержащими NULL, тогда как встроенные операторы работают с массивами любых типов. Благодаря этому ограничению, в большинстве случаев они работают быстрее, чем встроенные операторы.

Операторы `@@` и `~~` проверяют, удовлетворяет ли массив *запросу*, представляемому в виде значения специализированного типа данных `query_int`. *Запрос* содержит целочисленные значения, сравниваемые с элементами массива, возможно с использованием операторов `&` (AND), `|` (OR) и `!` (NOT). При необходимости могут использоваться скобки. Например, запросу `1&(2|3)` удовлетворяют запросы, которые содержат 1 и также содержат 2 или 3.

F.18.2. Поддержка индексов

Модуль `intarray` поддерживает индексы для операторов `&&`, `@>`, `<@` и `@@`, а также обычную проверку равенства массивов.

Модуль предоставляет два параметризованных класса операторов GiST: `gist__int_ops` (используется по умолчанию), подходящий для маленьких и средних по размеру наборов данных, и `gist__intbig_ops`, применяющий сигнатуру большего размера и подходящий для индексации больших наборов данных (то есть столбцов, содержащих много различных значений массива). В этой реализации используется структура данных RD-дерева со встроенным сжатием с потерями.

Класс `gist__int_ops` аппроксимирует набор целых чисел в виде массива диапазонов. В его необязательном целочисленном параметре `numranges` можно задать максимальное число диапазонов в одном ключе индекса. Параметр может принимать значения от 1 до 253, по умолчанию он равен 100. При увеличении числа массивов, составляющих ключ индекса GiST, поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

Класс `gist__intbig_ops` аппроксимирует набор целых чисел в виде сигнатуры битовой карты. В его необязательном целочисленном параметре `siglen` можно задать размер сигнатуры в байтах. Параметр может принимать значения от 1 до 2024, по умолчанию он равен 16. При увеличении размера сигнатуры поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

Есть также нестандартный класс операторов GIN, `gin__int_ops`, поддерживающий те же операторы.

Выбор между индексами GiST и GIN зависит от относительных характеристик производительности GiST и GIN, которые здесь не рассматриваются.

F.18.3. Пример

```
-- сообщение может относиться к одной или нескольким «секциям»
CREATE TABLE message (mid INT PRIMARY KEY, sections INT[], ...);

-- создать специализированный индекс с длиной сигнатуры 32 байта
CREATE INDEX message_rdtree_idx ON message USING GIST (sections gist__intbig_ops
 (siglen = 32));

-- вывести сообщения из секций 1 или 2 — оператор пересечения
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections && '{1,2}';

-- вывести сообщения из секций 1 и 2 — оператор включения
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections @> '{1,2}';

-- тот же результат, но с оператором запроса
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections @@ '1&2'::query_int;
```

F.18.4. Тестирование производительности

В каталоге исходного кода `contrib/intarray/bench` содержится пакет тестов, которые можно провести на установленном сервере PostgreSQL. (Для этого нужно установить пакет `DBD::Pg`.) Чтобы запустить эти тесты, выполните:

```
cd .../contrib/intarray/bench
createdb TEST
psql -c "CREATE EXTENSION intarray" TEST
./create_test.pl | psql TEST
./bench.pl
```

Скрипт `bench.pl` принимает несколько аргументов, о которых можно узнать, запустив его без аргументов.

F.18.5. Авторы

Разработку осуществили Фёдор Сигаев (<teodor@sigaev.ru>) и Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>). Дополнительные сведения можно найти на странице *http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/*. Андрей Октябрьский проделал отличную работу, добавив новые функции и операторы.

F.19. isn

Модуль `isn` предоставляет типы данных для следующих международных стандартов нумерации товаров: EAN13, UPC, ISBN (книги), ISMN (музыка) и ISSN (серийные номера). Номера проверяются на входе согласно жёстко заданному списку префиксов: этот список префиксов также применяется для группирования цифр при выводе. Так как время от времени появляются новые префиксы, этот список префиксов может устаревать. Ожидается, что будущая версия этого модуля будет получать список префиксов из одной или нескольких таблиц, благодаря чему его при необходимости смогут легко обновлять пользователи; однако в настоящее время этот список можно изменить, только модифицировав исходный код и перекомпилировав его. Также есть вероятность, что в будущем этот модуль лишится функций проверки префиксов и группирования цифр.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.19.1. Типы данных

В Таблице F.11 перечислены типы данных, реализованные модулем `isn`.

Таблица F.11. Типы данных `isn`

Тип данных	Описание
`EAN13`	European Article Number (Европейский номер товара), всегда выводится в формате EAN13
`ISBN13`	International Standard Book Number (Международный стандартный книжный номер), выводимый в новом формате EAN13
`ISMN13`	International Standard Music Number (Международный стандартный музыкальный номер), выводимый в новом формате EAN13
`ISSN13`	International Standard Serial Number (Международный стандартный серийный номер), выводимый в новом формате EAN13
`ISBN`	Международный стандартный книжный номер, выводимый в старом коротком формате
`ISMN`	Международный стандартный музыкальный номер, выводимый в старом коротком формате
`ISSN`	Международный стандартный серийный номер, выводимый в старом коротком формате
`UPC`	Universal Product Code (Универсальный код товара)

Замечания:

1. Номера ISBN13, ISMN13, ISSN13 являются номерами EAN13.
2. Не все номера EAN13 (только их подмножество) представляют ISBN13, ISMN13 или ISSN13.
3. Некоторые номера ISBN13 можно вывести в формате ISBN.
4. Некоторые номера ISMN13 можно вывести в формате ISMN.
5. Некоторые номера ISSN13 можно вывести в формате ISSN.
6. Номера UPC являются подмножеством номеров EAN13 (по сути они являются номерами EAN13 без первой цифры `0`).
7. Любые номера UPC, ISBN, ISMN и ISSN можно представить как номера EAN13.

Внутри все эти типы представляются одинаково (64-битными целыми числами) и все они взаимозаменяемы. Различные типы введены для управления форматированием при выводе и для строгой проверки правильности ввода, что и определяет конкретный тип номера.

Типы `ISBN`, `ISMN` и `ISSN` выводят короткую версию числа (ISxN 10), когда это возможно, либо выбирают формат ISxN 13 для чисел, не умещающихся в короткую версию. Типы `EAN13`, `ISBN13`, `ISMN13` и `ISSN13` всегда выводят длинную версию ISxN (EAN13).

F.19.2. Приведения

Модуль `isn` предоставляет следующие пары приведений типов:

- ISBN13 <=> EAN13
- ISMN13 <=> EAN13
- ISSN13 <=> EAN13
- ISBN <=> EAN13
- ISMN <=> EAN13
- ISSN <=> EAN13
- UPC <=> EAN13
- ISBN <=> ISBN13
- ISMN <=> ISMN13
- ISSN <=> ISSN13

При приведении `EAN13` к другому типу выполняется проверка времени выполнения, соответствует ли исходное значение целевому типу, и если это не так, выдаётся ошибка. При других приведениях значения просто перемечаются, так что они успешно выполняются всегда.

F.19.3. Функции и операторы

Модуль `isn` предоставляет стандартные операторы сравнения плюс поддержку индексов по хешу и B-деревьев для этих типов данных. Кроме того, он реализует ряд специализированных функций; они перечислены в Таблице F.12. В этой таблице под `isn` понимается один из типов данных модуля.

Таблица F.12. Функции isn

Функция Описание
`isn_weak ( boolean ) → boolean` Устанавливает ослабленный режим проверки ввода и возвращает новое состояние.
`isn_weak () → boolean` Выдаёт текущее состояние ослабленного режима.
`make_valid ( isn ) → isn` Делает неверный номер верным (сбрасывает флаг ошибки).
`is_valid ( isn ) → boolean` Проверяет присутствие флага ошибки.

Ослабленный режим позволяет вставлять в таблицу неверные значения. Под неверным значением понимается номер, в котором не сходится проверочная цифра, а не номер отсутствует вовсе.

Зачем может понадобиться ослабленный режим? Ну например, у вас может быть большой набор номеров ISBN, и очень многие из них по каким-то странным причинам содержат неверную контрольную цифру (возможно, номера были отсканированы с печатного листа и были распознаны неправильно, или они вводились вручную, кто знает...). В любом случае суть в том, что вы хотите с этим разобраться, но вам нужно загрузить все эти номера в базу данных, а затем, возможно, использовать дополнительное средство поиска неверных номеров в базе данных, чтобы проверить и исправить данные; так что, например, вам нужно будет выбрать все неверные номера в таблице.

Если попытаться вставить в таблицу неверный номер в ослабленном режиме проверки, номер будет вставлен с исправленной проверочной цифрой, но выводиться будет с восклицательным знаком (`!`) в конце, например `0-11-000322-5!`. Этот маркер ошибки можно проверить с помощью функции `is_valid` и очистить функцией `make_valid`.

Вы также можете принудительно вставить числа даже не в ослабленном режиме, добавив символ `!` в конце номера.

Есть ещё одна особенность — во вводимом номере вместо проверочной цифры можно указать `?` и нужная проверочная цифра будет вставлена автоматически.

F.19.4. Примеры

```
-- Использование типов напрямую:
SELECT isbn('978-0-393-04002-9');
SELECT isbn13('0901690546');
SELECT issn('1436-4522');

-- Приведение типов:
-- заметьте, что номер ean13 можно привести к другому типу, только когда
-- этот номер будет допустимым для целевого типа;
-- таким образом, это НЕ будет работать: select isbn(ean13('0220356483481'));
-- а это будет:
SELECT upc(ean13('0220356483481'));
SELECT ean13(upc('220356483481'));

-- Создание таблицы с одним столбцом, который будет содержать номера ISBN:
CREATE TABLE test (id isbn);
INSERT INTO test VALUES('9780393040029');

-- Автоматическое вычисление проверочных цифр (обратите внимание на '?'):
INSERT INTO test VALUES('220500896?');
INSERT INTO test VALUES('978055215372?');

SELECT issn('3251231?');
SELECT ismn('979047213542?');

-- Использование ослабленного режима:
SELECT isn_weak(true);
INSERT INTO test VALUES('978-0-11-000533-4');
INSERT INTO test VALUES('9780141219307');
INSERT INTO test VALUES('2-205-00876-X');
SELECT isn_weak(false);

SELECT id FROM test WHERE NOT is_valid(id);
UPDATE test SET id = make_valid(id) WHERE id = '2-205-00876-X!';

SELECT * FROM test;

SELECT isbn13(id) FROM test;
```

F.19.5. Библиография

Информация, на основе которой реализован этот модуль, была собрана с нескольких сайтов, включая:

- *https://www.isbn-international.org/*
- *https://www.issn.org/*
- *https://www.ismn-international.org/*

- *https://www.wikipedia.org/*

Префиксы, используемые для группирования цифр, были также взяты с:

- *https://www.gs1.org/standards/id-keys*
- *https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ISBN_identifier_groups*
- *https://www.isbn-international.org/content/isbn-users-manual/29*
- *https://en.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Music_Number*
- *https://www.ismn-international.org/ranges/tools*

Алгоритмы реализованы со всей тщательностью и скрупулёзно сверены с алгоритмами, предлагаемыми в официальных руководствах ISBN, ISMN, ISSN.

F.19.6. Автор

Герман Мендез Браво (Kronuz), 2004–2006

Этот модуль написан под влиянием кода `isbn_issn` Гаретта А. Уоллмена.

F.20. lo

Модуль `lo` поддерживает управление большими объектами (БО или LO, Large Objects, иногда BLOB, Binary Large OBjects). Он реализует тип данных `lo` и триггер `lo_manage`.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.20.1. Обоснование

Одна из проблем драйвера JDBC (она распространяется и на драйвер ODBC) в том, что спецификация типа предполагает, что ссылки на BLOB хранятся в таблице, и если запись меняется, связанный BLOB удаляется из базы.

Но с PostgreSQL этого не происходит. Большие объекты обрабатываются как самостоятельные объекты; запись в таблице может ссылаться на большой объект по OID, но при этом на один и тот же объект могут ссылаться несколько записей таблицы, так что система не удаляет большой объект, только потому что вы меняете или удаляете такую запись.

Это не проблема для приложений, ориентированных на PostgreSQL, но стандартный код, использующий JDBC или ODBC, не будет удалять эти объекты, в результате чего они окажутся потерянными — объектами, которые никак не задействованы, а просто занимают место на диске.

Модуль `lo` позволяет решить эту проблему, добавляя триггер к таблицам, которые содержат столбцы, ссылающиеся на БО. Этот триггер по сути просто вызывает `lo_unlink`, когда вы удаляете или изменяете значение, ссылающееся на большой объект. Данный триггер предполагает, что на любой большой объект, на который ссылается контролируемый им столбец, указывает только одна ссылка!

Этот модуль также предоставляет тип данных `lo`, который просто является доменом на базе `oid`. Он может быть полезен для выделения столбцов, содержащих ссылки на большие объекты, среди столбцов, содержащих другие OID. Для использования триггера применять тип `lo` необязательно, но этот тип может быть полезен для отслеживания столбцов в вашей базе, представляющих большие объекты, с которыми работает триггер. Кроме того, поступали сообщения, что драйвер ODBC не работает корректно, если для столбцов BLOB используется не тип `lo`.

F.20.2. Как его использовать

Пример его использования:

```
CREATE TABLE image (title text, raster lo);
```

```
CREATE TRIGGER t_raster BEFORE UPDATE OR DELETE ON image
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION lo_manage(raster);
```

Для каждого столбца, который будет содержать уникальные ссылки на большие объекты, создайте триггер `BEFORE UPDATE OR DELETE` и передайте имя столбца в качестве единственного аргумента триггера. Вы также можете сделать, чтобы триггер срабатывал только при изменениях в столбце, указав `BEFORE UPDATE OF` *`имя_столбца`*. Если вам нужно иметь в одной таблице несколько столбцов `lo`, создайте отдельный триггер для каждого (при этом обязательно нужно дать всем триггерам в одной таблице разные имена).

F.20.3. Ограничения

- При удалении таблицы, однако, всё равно будут потеряны относящиеся к ней объекты, так как триггер не будет выполняться. Этого можно избежать, выполнив перед `DROP TABLE` команду `DELETE FROM` *`таблица`*.

  То же касается и команды `TRUNCATE`.

  Если у вас уже есть, или вы подозреваете, что есть потерянные большие объекты, обратите внимание на модуль vacuumlo, который может помочь вычистить их. Имеет смысл периодически запускать vacuumlo в качестве меры, дополняющей действие триггера `lo_manage`.
- Некоторые клиентские программы могут создавать собственные таблицы, но не создавать для них соответствующие триггеры. Кроме того, и пользователи могут не создавать такие триггеры (забывая о них, либо не зная, как это сделать).

F.20.4. Автор

Питер Маунт `<peter@retep.org.uk>`

F.21. ltree

Этот модуль реализует тип данных `ltree` для представления меток данных в иерархической древовидной структуре. Он также предоставляет расширенные средства для поиска в таких деревьях.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.21.1. Определения

Метка — это последовательность алфавитно-цифровых символов и знаков подчёркивания (например, в локали C допускаются символы `A-Za-z0-9_`). Метки должны занимать меньше 256 символов.

Примеры: `42`, `Personal_Services`

Путь метки — это последовательность из нуля или нескольких разделённых точками меток (например, `L1.L2.L3`), представляющая путь от корня иерархического дерева к конкретному узлу. Путь не может содержать больше 65535 меток.

Пример: `Top.Countries.Europe.Russia`

Модуль `ltree` предоставляет несколько типов данных:

- `ltree` хранит путь метки.
- `lquery` представляет напоминающий регулярные выражения запрос для поиска нужных значений `ltree`. В нём простое слово выбирает соответствующую метку в заданном пути, а звёздочка (`*`) — ноль или более любых меток. Отдельные компоненты можно соединить точками и получить запрос, которому будет соответствовать весь путь с указанными метками. Например:

  ```
  foo         Выбирает путь ровно с одной меткой foo
  *.foo.*     Выбирает путь, содержащий метку foo
  *.foo       Выбирает путь с последней меткой foo
  ```

И для звёздочки, и для простых слов можно добавить количественное значение, определяющее число меток, которые будут соответствовать этому компоненту:

`*{n}`	*Выбирает ровно n меток*
`*{n,}`	*Выбирает как минимум n меток*
`*{n,m}`	*Выбирает не меньше n, но и не более m меток*
`*{,m}`	*Выбирает не больше m меток — равнозначно *{0,m}*
`foo{n,m}`	*Выбирает как минимум n, но не больше m вхождений foo*
`foo{,}`	*Выбирает любое количество вхождений foo, в том числе ноль*

В отсутствие явного числового ограничения символу звёздочки по умолчанию соответствует любое количество меток (то есть `{,}`), а обычному слову — ровно одно вхождение (то есть `{1}`).

После отличного от звёздочки элемента `lquery` могут быть добавлены модификаторы, позволяющие выбрать не только простые совпадения:

`@`	*Выбирает совпадение без учёта регистра; например, запросу a@ соответствует A*
`*`	*Выбирает любую метку с заданным префиксом, например, запросу foo* соответствует foobar*
`%`	*Выбирает в метке начальные слова, разделённые подчёркиваниями*

Поведение модификатора `%` несколько нетривиальное. Он пытается найти соответствие по словам, а не по всей метке. Например, запрос `foo_bar%` выбирает `foo_bar_baz`, но не `foo_barbaz`. В сочетании с `*` сопоставление префикса применяется отдельно к каждому слову, например запрос `foo_bar%*` выбирает `foo1_bar2_baz`, но не `foo1_br2_baz`.

Также можно записать несколько различных меток, отличных от звёздочек, через знак `|` (обозначающий ИЛИ) для выбора любой из этих меток, либо добавить знак `!` (НЕ) в начале группы без звёздочки для выбора метки, не соответствующей ни одной из указанных альтернатив. Количественное ограничение, если оно требуется, задаётся в конце группы; это означает, что оно действует на всю группу в целом (то есть ограничивает число меток, соответствующих или не соответствующих одной из альтернатив).

Расширенный пример `lquery`:

```
Top.*{0,2}.sport*@.!football|tennis{1,}.Russ*|Spain
a.  b.     c.      d.                     e.
```

Этот запрос выберет путь, который:

a. начинается с метки `Top`

b. и затем включает от нуля до двух меток до

c. метки, начинающейся с префикса `sport` (без учёта регистра)

d. затем одну или несколько меток, отличных от `football` и `tennis`

e. и заканчивается меткой, которая начинается подстрокой `Russ` или в точности равна `Spain`.

- `ltxtquery` представляет подобный полнотекстовому запрос поиска подходящих значений `ltree`. Значение `ltxtquery` содержит слова, возможно с модификаторами `@`, `*`, `%` в конце; эти модификаторы имеют то же значение, что и в `lquery`. Слова можно объединять символами `&` (И), `|` (ИЛИ), `!` (НЕ) и скобками. Ключевое отличие от `lquery` состоит в том, что `ltxtquery` выбирает слова независимо от их положения в пути метки.

  Пример `ltxtquery`:

  ```
  Europe & Russia*@ & !Transportation
  ```

  Этот запрос выберет пути, содержащие метку `Europe` или любую метку с начальной подстрокой `Russia` (без учёта регистра), но не пути, содержащие метку `Transportation`. Положение этих слов в пути не имеет значения. Кроме того, когда применяется %, слово может быть сопоставлено с любым другим отделённым подчёркиваниями словом в метке, вне зависимости от его положения.

Замечание: ltxtquery допускает пробелы между символами, а ltree и lquery — нет.

F.21.2. Операторы и функции

Для типа ltree определены обычные операторы сравнения =, <>, <, >, <=, >=. Сравнение сортирует пути в порядке движения по дереву, а потомки узла сортируются по тексту метки. В дополнение к ним есть и специализированные операторы, перечисленные в Таблице F.13.

Таблица F.13. Операторы ltree

Оператор Описание
ltree @> ltree → boolean Левый аргумент является предком правого (или равен ему)?
ltree <@ ltree → boolean Левый аргумент является потомком правого (или равен ему)?
ltree ~ lquery → boolean lquery ~ ltree → boolean Значение ltree соответствует lquery?
ltree ? lquery[] → boolean lquery[] ? ltree → boolean Значение ltree соответствует одному из lquery в массиве?
ltree @ ltxtquery → boolean ltxtquery @ ltree → boolean Значение ltree соответствует ltxtquery?
ltree || ltree → ltree Соединяет два пути ltree.
ltree || text → ltree text || ltree → ltree Преобразует текст в ltree и соединяет с путём.
ltree[] @> ltree → boolean ltree <@ ltree[] → boolean Массив содержит предка ltree?
ltree[] <@ ltree → boolean ltree @> ltree[] → boolean Массив содержит потомка ltree?
ltree[] ~ lquery → boolean lquery ~ ltree[] → boolean Массив содержит какой-либо путь, соответствующий lquery?
ltree[] ? lquery[] → boolean lquery[] ? ltree[] → boolean Массив ltree содержит путь, соответствующий какому-либо lquery?
ltree[] @ ltxtquery → boolean ltxtquery @ ltree[] → boolean Массив содержит путь, соответствующий ltxtquery?

Оператор Описание
`ltree[] ?@> ltree` → `ltree` Выдаёт первый элемент массива, являющийся предком `ltree`, или NULL, если такого элемента нет.
`ltree[] ?<@ ltree` → `ltree` Выдаёт первый элемент массива, являющийся потомком `ltree`, или NULL, если такого элемента нет.
`ltree[] ?~ lquery` → `ltree` Выдаёт первый элемент массива, соответствующий `lquery`, или NULL, если такого элемента нет.
`ltree[] ?@ ltxtquery` → `ltree` Выдаёт первый элемент массива, соответствующий `ltxtquery`, или NULL, если такого элемента нет.

Операторы `<@`, `@>`, `@` и `~` имеют аналоги в виде `^<@`, `^@>`, `^@`, `^~`, которые отличатся только тем, что не используют индексы. Они полезны только для тестирования.

Доступные функции перечислены в Таблице F.14.

Таблица F.14. Функции `ltree`

Функция Описание Примеры

`subltree ( ltree, `*`start`*` integer, `*`end`*` integer )` → `ltree`
Выдаёт подпуть `ltree` от позиции *`start`* до позиции *`end`*-1 (отсчитывая от 0).
`subltree('Top.Child1.Child2', 1, 2)` → `Child1`

`subpath ( ltree, `*`offset`*` integer, `*`len`*` integer )` → `ltree`
Выдаёт подпуть `ltree`, начиная с позиции *`offset`*, длиной *`len`*. Если *`offset`* меньше нуля, подпуть начинается с этого смещения от конца пути. Если *`len`* меньше нуля, будет отброшено заданное число меток с конца строки.
`subpath('Top.Child1.Child2', 0, 2)` → `Top.Child1`

`subpath ( ltree, `*`offset`*` integer )` → `ltree`
Выдаёт подпуть `ltree`, начиная с позиции *`offset`* и до конца пути. Если *`offset`* меньше нуля, подпуть начинается с этого смещения от конца пути.
`subpath('Top.Child1.Child2', 1)` → `Child1.Child2`

`nlevel ( ltree )` → `integer`
Выдаёт число меток в пути.
`nlevel('Top.Child1.Child2')` → `3`

`index ( `*`a`*` ltree, `*`b`*` ltree )` → `integer`
Выдаёт позицию первого вхождения *`b`* в *`a`*; -1, если искомого вхождения нет.
`index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6')` → `6`

`index ( `*`a`*` ltree, `*`b`*` ltree, `*`offset`*` integer )` → `integer`
Выдаёт позицию первого вхождения *`b`* в *`a`* или -1, если искомого вхождения нет. Поиск начинается с позиции *`offset`*; если *`offset`* меньше 0, начальное смещение *`-offset`* отсчитывается от конца пути.
`index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6', -4)` → `9`

`text2ltree ( text )` → `ltree` Приводит значение `text` к типу `ltree`.

Функция Описание Примеры
`ltree2text` (`ltree`) → `text` Приводит `ltree` к типу `text`.

`lca` (`ltree` [, `ltree` [, ...]]) → `ltree`
Вычисляет наибольшего общего предка путей (принимая до 8 аргументов).
`lca('1.2.3', '1.2.3.4.5.6')` → `1.2`

`lca` (`ltree[]`) → `ltree`
Вычисляет наибольшего общего предка путей в массиве.
`lca(array['1.2.3'::ltree,'1.2.3.4'])` → `1.2`

F.21.3. Индексы

`ltree` поддерживает несколько типов индексов, которые могут ускорить означенные операции:

- B-дерево по значениям `ltree`: `<`, `<=`, `=`, `>=`, `>`
- GiST по значениям `ltree` (класс операторов `gist_ltree_ops`): `<`, `<=`, `=`, `>=`, `>`, `@>`, `<@`, `@`, `~`, `?`

  Класс операторов GiST `gist_ltree_ops` аппроксимирует набор меток пути в виде сигнатуры битовой карты. В его необязательном целочисленном параметре `siglen` можно задать размер сигнатуры в байтах. Размер сигнатуры по умолчанию — 8 байт. Параметр может принимать положительные значения до 2024, кратные выравниванию по целым (`int`) (4 байта для большинства машин). При увеличении размера сигнатуры поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

  Пример создания такого индекса с размером сигнатуры по умолчанию (8 байт):

  ```
  CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path);
  ```

  Пример создания такого индекса с длиной сигнатуры 100 байт:

  ```
  CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path gist_ltree_ops(siglen=100));
  ```

- GiST-индекс по массиву `ltree[]` (`gist__ltree_ops` opclass): `ltree[] <@ ltree`, `ltree @> ltree[]`, `@`, `~`, `?`

  Класс операторов GiST `gist__ltree_ops` работает подобно `gist_ltree_ops` и также принимает в параметре длину сигнатуры. По умолчанию значение `siglen` в `gist__ltree_ops` составляет 28 байт.

  Пример создания такого индекса с размером сигнатуры по умолчанию (28 байт):

  ```
  CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (array_path);
  ```

  Пример создания такого индекса с длиной сигнатуры 100 байт:

  ```
  CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (array_path
   gist__ltree_ops(siglen=100));
  ```

  Примечание: Индекс этого типа является неточным.

F.21.4. Пример

Для этого примера используются следующие данные (это же описание данных находится в файле `contrib/ltree/ltreetest.sql` в дистрибутиве исходного кода):

```
CREATE TABLE test (path ltree);
```

```
INSERT INTO test VALUES ('Top');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy.Astrophysics');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy.Cosmology');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Hobbies');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Hobbies.Amateurs_Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Stars');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Galaxies');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Astronauts');
CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path);
CREATE INDEX path_idx ON test USING BTREE (path);
```

В итоге мы получаем таблицу `test`, наполненную данными, представляющими следующую иерархию:

```
                         Top
                      /   |  \
              Science Hobbies Collections
                  /       |              \
         Astronomy   Amateurs_Astronomy Pictures
            /  \                            |
Astrophysics  Cosmology                Astronomy
                                        /  |    \
                                 Galaxies Stars Astronauts
```

Мы можем выбрать потомки в иерархии наследования:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path <@ 'Top.Science';
                path
------------------------------------
 Top.Science
 Top.Science.Astronomy
 Top.Science.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Astronomy.Cosmology
(4 rows)
```

Несколько примеров выборки по путям:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path ~ '*.Astronomy.*';
                     path
-----------------------------------------------
 Top.Science.Astronomy
 Top.Science.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Astronomy.Cosmology
 Top.Collections.Pictures.Astronomy
 Top.Collections.Pictures.Astronomy.Stars
 Top.Collections.Pictures.Astronomy.Galaxies
 Top.Collections.Pictures.Astronomy.Astronauts
(7 rows)

ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path ~ '*.!pictures@.Astronomy.*';
                path
------------------------------------
 Top.Science.Astronomy
 Top.Science.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Astronomy.Cosmology
```

```
(3 rows)
```

Ещё несколько примеров полнотекстового поиска:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path @ 'Astro*% & !pictures@';
                path
------------------------------------
 Top.Science.Astronomy
 Top.Science.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Astronomy.Cosmology
 Top.Hobbies.Amateurs_Astronomy
(4 rows)

ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path @ 'Astro* & !pictures@';
                path
------------------------------------
 Top.Science.Astronomy
 Top.Science.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

Образование пути с помощью функций:

```
ltreetest=> SELECT subpath(path,0,2)||'Space'||subpath(path,2) FROM test WHERE path <@
 'Top.Science.Astronomy';
                 ?column?
------------------------------------------
 Top.Science.Space.Astronomy
 Top.Science.Space.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Space.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

Эту процедуру можно упростить, создав функцию SQL, вставляющую метку в определённую позицию в пути:

```
CREATE FUNCTION ins_label(ltree, int, text) RETURNS ltree
    AS 'select subpath($1,0,$2) || $3 || subpath($1,$2);'
    LANGUAGE SQL IMMUTABLE;

ltreetest=> SELECT ins_label(path,2,'Space') FROM test WHERE path <@
 'Top.Science.Astronomy';
                ins_label
------------------------------------------
 Top.Science.Space.Astronomy
 Top.Science.Space.Astronomy.Astrophysics
 Top.Science.Space.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

F.21.5. Трансформации

Также имеются дополнительные расширения, реализующие трансформации типа `ltree` для языка PL/Python. Эти расширения называются `ltree_plpythonu`, `ltree_plpython2u` и `ltree_plpython3u` (соглашения об именовании, принятые для интерфейса PL/Python, описаны в Разделе 45.1). Если вы установите эти трансформации и укажете их при создании функции, значения `ltree` будут отображаться в списки Python. (Однако обратное преобразование не поддерживается.)

> **Внимание**
>
> Расширения, реализующие трансформации, настоятельно рекомендуется устанавливать в одну схему с `ltree`. Выбор какой-либо другой схемы, которая может содержать объекты, со-

здания злонамеренным пользователем, чреват угрозами безопасности во время установки расширения.

F.21.6. Авторы

Разработку осуществили Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>) и Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>). Дополнительные сведения можно найти на странице *http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/*. Авторы выражают благодарность Евгению Родичеву за полезные дискуссии. Замечания и сообщения об ошибках приветствуются.

F.22. pageinspect

Модуль `pageinspect` предоставляет функции, позволяющие исследовать страницы баз данных на низком уровне, что бывает полезно для отладки. Все эти функции могут вызывать только суперпользователи.

F.22.1. Функции общего назначения

`get_raw_page(relname text, fork text, blkno int) returns bytea`

Функция `get_raw_page` считывает указанный блок отношения с заданным именем и возвращает копию значения `bytea`. Это позволяет получить одну согласованную во времени копию блока. В параметре *`fork`* нужно передать `'main'`, чтобы обратиться к основному слою данных, `'fsm'` — к карте свободного пространства, `'vm'` — к карте видимости, либо `'init'` — к слою инициализации.

`get_raw_page(relname text, blkno int) returns bytea`

Упрощённая версия `get_raw_page` для чтения данных из основного слоя. Синоним `get_raw_page(relname, 'main', blkno)`

`page_header(page bytea) returns record`

Функция `page_header` показывает поля, общие для всех страниц кучи и индекса PostgreSQL.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT * FROM page_header(get_raw_page('pg_class', 0));
    lsn     | checksum | flags  | lower | upper | special | pagesize | version |
 prune_xid
-----------+----------+--------+-------+-------+---------+----------+---------
+-----------
 0/24A1B50 |        0 |      1 |   232 |   368 |    8192 |     8192 |       4 |
    0
```

Возвращаемые столбцы соответствуют полям в структуре `PageHeaderData`. За подробностями обратитесь к `src/include/storage/bufpage.h`.

Поле `checksum` содержит контрольную сумму, сохранённую для страницы. Эта сумма может быть неверной при повреждении страницы. Если в данном экземпляре кластера контрольные суммы отключены, это значение не имеет смысла.

`page_checksum(page bytea, blkno int4) returns smallint`

Функция `page_checksum` вычисляет контрольную сумму страницы, которая должна была бы находиться в заданном блоке.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT page_checksum(get_raw_page('pg_class', 0), 0);
```

```
 page_checksum
---------------
         13443
```

Заметьте, что вычисление контрольной суммы зависит от номера блока, поэтому обеим функциям нужно передавать одинаковые номера (за исключением случаев эзотерической отладки).

Контрольную сумму, вычисленную этой функцией, можно сравнить с полем `checksum` результата функции `page_header`. Если контрольные суммы для текущего экземпляра БД включены, эти значения должны быть равны.

`fsm_page_contents(page bytea) returns text`

Функция `fsm_page_contents` показывает внутреннюю структуру узла на странице FSM. Например:

```
test=# SELECT fsm_page_contents(get_raw_page('pg_class', 'fsm', 0));
```

Данный запрос выводит несколько текстовых строк, по одной строке для каждого узла двоичного дерева на заданной странице. Нулевые узлы при этом пропускаются. Также выводится так называемый указатель «вперёд», который указывает на следующий слот, получаемый с этой страницы.

Подробнее структура страницы FSM описана в `src/backend/storage/freespace/README`.

F.22.2. Функции для исследования кучи

`heap_page_items(page bytea) returns setof record`

Функция `heap_page_items` показывает все указатели линейных блоков на странице кучи. Для используемых блоков также выводятся заголовки кортежей. При этом показываются все кортежи, независимо от того, были ли видны они в снимке MVCC в момент копирования исходной страницы.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы кучи, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT * FROM heap_page_items(get_raw_page('pg_class', 0));
```

Описание возвращаемых полей можно найти в `src/include/storage/itemid.h` и `src/include/access/htup_details.h`.

Распаковать биты флагов `t_infomask` и `t_infomask2` для кортежей кучи позволяет функция `heap_tuple_infomask_flags`.

`tuple_data_split(rel_oid oid, t_data bytea, t_infomask integer, t_infomask2 integer, t_bits text [, do_detoast bool]) returns bytea[]`

Функция `tuple_data_split` разделяет данные кортежей на атрибуты так, как это происходит внутри сервера.

```
test=# SELECT tuple_data_split('pg_class'::regclass, t_data, t_infomask,
 t_infomask2, t_bits) FROM heap_page_items(get_raw_page('pg_class', 0));
```

В качестве аргументов этой функции должны передаваться атрибуты, возвращаемые функцией `heap_page_items`.

Если параметр *`do_detoast`* равен `true`, полученные атрибуты будут распакованы по мере необходимости. Если он не задан, подразумевается `false`.

`heap_page_item_attrs(page bytea, rel_oid regclass [, do_detoast bool]) returns setof record`

Функция `heap_page_item_attrs` похожа на `heap_page_items`, но возвращает неструктурированное содержимое кортежа в виде массива атрибутов, которые могут быть распакованы, если установлен флаг *`do_detoast`* (по умолчанию они не распаковываются).

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы кучи, полученный в результате вызова get_raw_page. Например:

```
test=# SELECT * FROM heap_page_item_attrs(get_raw_page('pg_class', 0),
 'pg_class'::regclass);
```

heap_tuple_infomask_flags(t_infomask integer, t_infomask2 integer) returns record

heap_tuple_infomask_flags декодирует значения t_infomask и t_infomask2, которые возвращает функция heap_page_items, и выдаёт массивы с именами флагов в понятном человеку виде: один, перечисляющий все флаги по отдельности, а другой — комбинированные. Например:

```
test=# SELECT t_ctid, raw_flags, combined_flags
         FROM heap_page_items(get_raw_page('pg_class', 0)),
           LATERAL heap_tuple_infomask_flags(t_infomask, t_infomask2)
         WHERE t_infomask IS NOT NULL OR t_infomask2 IS NOT NULL;
```

Вызывая эту функцию, ей следует передавать в аргументах те атрибуты, которые возвращает heap_page_items.

Комбинированные флаги выводятся для тех макросов на уровне исходного кода, в которых объединяются значения нескольких битов, например HEAP_XMIN_FROZEN.

Описания выдаваемых имён флагов можно найти в src/include/access/htup_details.h.

F.22.3. Функции для индексов-B-деревьев

bt_metap(relname text) returns record

bt_metap выдаёт информацию о метастранице индекса B-дерево. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_metap('pg_cast_oid_index');
-[ RECORD 1 ]-----------+-------
magic                   | 340322
version                 | 4
root                    | 1
level                   | 0
fastroot                | 1
fastlevel               | 0
oldest_xact             | 582
last_cleanup_num_tuples | 1000
allequalimage           | f
```

bt_page_stats(relname text, blkno int) returns record

bt_page_stats выдаёт сводную информацию по единичным страницам B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_stats('pg_cast_oid_index', 1);
-[ RECORD 1 ]-+-----
blkno         | 1
type          | l
live_items    | 224
dead_items    | 0
avg_item_size | 16
page_size     | 8192
free_size     | 3668
btpo_prev     | 0
btpo_next     | 0
btpo          | 0
btpo_flags    | 3
```

bt_page_items(relname text, blkno int) returns setof record

bt_page_items выдаёт подробную информацию обо всех элементах на странице индекса B-дерево. Например:

```
test=# SELECT itemoffset, ctid, itemlen, nulls, vars, data, dead, htid, tids[0:2] AS
 some_tids
       FROM bt_page_items('tenk2_hundred', 5);
 itemoffset |   ctid    | itemlen | nulls | vars |          data           | dead |
 htid  |      some_tids
------------+-----------+---------+-------+------+-------------------------+------
+--------+---------------------
          1 | (16,1)    |      16 | f     | f    | 30 00 00 00 00 00 00 00 |      |
       |
          2 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 24 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,6)  | {"(1,6)","(10,22)"}
          3 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 25 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,18) | {"(1,18)","(4,22)"}
          4 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 26 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (4,18) | {"(4,18)","(6,17)"}
          5 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 27 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,2)  | {"(1,2)","(1,19)"}
          6 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 28 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (2,24) | {"(2,24)","(4,11)"}
          7 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 29 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (2,17) | {"(2,17)","(11,2)"}
          8 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2a 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,25) | {"(0,25)","(3,20)"}
          9 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2b 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,10) | {"(0,10)","(0,14)"}
         10 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2c 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,3)  | {"(1,3)","(3,9)"}
         11 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2d 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (6,28) | {"(6,28)","(11,1)"}
         12 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2e 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,27) | {"(0,27)","(1,13)"}
         13 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2f 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (4,17) | {"(4,17)","(4,21)"}
(13 rows)
```

Это листовая страница B-дерева. В ней все кортежи, относящиеся к таблице, оказались кортежами со списками идентификаторов (каждый содержит 100 шестибайтных идентификаторов). Помимо них, по смещению `itemoffset` 1 находится кортеж «верхний ключ». В данном примере `ctid` содержит закодированную информацию о каждом кортеже, хотя на уровне листьев записи часто содержат в `ctid` непосредственно TID кучи. В `tids` содержатся идентификаторы (TID) в виде списка идентификаторов.

На внутренней странице (она здесь не показана), компонент номера блока в `ctid` содержит «ссылку вниз», то есть номер блока другой страницы в самом индексе. Компонент смещения (второе число) в `ctid` содержит закодированную информацию о кортеже, в частности, количество столбцов в нём (при отсечении суффикса ненужные конечные столбцы могут быть отброшены). Когда столбцы отбрасываются, считается, что они содержат значение «минус бесконечность».

В столбце `htid` показывается TID кортежа в куче, вне зависимости от его нижележащего представления. Это значение должно совпадать с `ctid` или может быть декодировано из альтернативного представления, применяющегося в списках идентификаторов и в кортежах на внутренних страницах. В кортежах на внутренних страницах столбец с TID кучи на уровне реализации обычно отсутствует, что выглядит как значение NULL в столбце `htid`.

Заметьте, что первый элемент в любой, кроме самой правой, странице (то есть в любой странице с ненулевым значением в поле `btpo_next`) представляет собой «верхний ключ», то есть его поле `data` задаёт верхнюю границу для всех элементов, находящихся на странице, а поле `ctid` не указывает на другой блок. Кроме того, на внутренних страницах в первом действительном элементе данных (в первом элементе после верхнего ключа) обязательно будут отброшены все столбцы, и поэтому поле `data` не будет содержать фактического значения. Однако такой элемент содержит в своём поле `ctid` корректную ссылку вниз.

За дополнительной информацией о структуре индексов-B-деревьев обратитесь к Подразделу 63.4.1. Об исключении дубликатов и о списках идентификаторов подробнее рассказывается в Подразделе 63.4.2.

`bt_page_items(page bytea) returns setof record`

Функции `bt_page_items` также можно передать страницу в виде значения `bytea`. Для получения образа страницы, который она может принять, следует использовать функцию `get_raw_page`. Так, последний пример можно переписать следующим образом:

```
test=# SELECT itemoffset, ctid, itemlen, nulls, vars, data, dead, htid, tids[0:2] AS
 some_tids
        FROM bt_page_items(get_raw_page('tenk2_hundred', 5));
 itemoffset |   ctid    | itemlen | nulls | vars |          data           | dead |
 htid   |      some_tids
------------+-----------+---------+-------+------+-------------------------+------
+--------+---------------------
          1 | (16,1)    |      16 | f     | f    | 30 00 00 00 00 00 00 00 |      |
        |
          2 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 24 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,6)   | {"(1,6)","(10,22)"}
          3 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 25 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,18) | {"(1,18)","(4,22)"}
          4 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 26 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (4,18) | {"(4,18)","(6,17)"}
          5 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 27 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,2)   | {"(1,2)","(1,19)"}
          6 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 28 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (2,24) | {"(2,24)","(4,11)"}
          7 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 29 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (2,17) | {"(2,17)","(11,2)"}
          8 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2a 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,25) | {"(0,25)","(3,20)"}
          9 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2b 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,10) | {"(0,10)","(0,14)"}
         10 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2c 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (1,3)   | {"(1,3)","(3,9)"}
         11 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2d 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (6,28) | {"(6,28)","(11,1)"}
         12 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2e 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (0,27) | {"(0,27)","(1,13)"}
         13 | (16,8292) |     616 | f     | f    | 2f 00 00 00 00 00 00 00 | f    |
 (4,17) | {"(4,17)","(4,21)"}
(13 rows)
```

В остальном данная функция работает так, как описано выше.

F.22.4. Функции для индексов BRIN

`brin_page_type(page bytea) returns text`

Функция `brin_page_type` возвращает тип страницы для заданной страницы индекса BRIN или выдаёт ошибку, если эта страница не является корректной страницей индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT brin_page_type(get_raw_page('brinidx', 0));
 brin_page_type
----------------
```

meta

`brin_metapage_info(page bytea) returns record`

Функция `brin_metapage_info` возвращает разнообразные сведения о метастранице индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM brin_metapage_info(get_raw_page('brinidx', 0));
   magic    | version | pagesperrange | lastrevmappage
------------+---------+---------------+----------------
 0xA8109CFA |       1 |             4 |              2
```

`brin_revmap_data(page bytea) returns setof tid`

Функция `brin_revmap_data` выдаёт список идентификаторов кортежей со страницы сопоставлений зон индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM brin_revmap_data(get_raw_page('brinidx', 2)) LIMIT 5;
  pages
---------
 (6,137)
 (6,138)
 (6,139)
 (6,140)
 (6,141)
```

`brin_page_items(page bytea, index oid) returns setof record`

Функция `brin_page_items` выдаёт содержимое, сохранённое в странице данных BRIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM brin_page_items(get_raw_page('brinidx', 5),
                                     'brinidx')
       ORDER BY blknum, attnum LIMIT 6;
 itemoffset | blknum | attnum | allnulls | hasnulls | placeholder |    value
------------+--------+--------+----------+----------+-------------+--------------
        137 |      0 |      1 | t        | f        | f           |
        137 |      0 |      2 | f        | f        | f           | {1 .. 88}
        138 |      4 |      1 | t        | f        | f           |
        138 |      4 |      2 | f        | f        | f           | {89 .. 176}
        139 |      8 |      1 | t        | f        | f           |
        139 |      8 |      2 | f        | f        | f           | {177 .. 264}
```

Возвращаемые столбцы соответствуют полям в структурах `BrinMemTuple` и `BrinValues`. Подробнее они описаны в `src/include/access/brin_tuple.h`.

F.22.5. Функции для индексов GIN

`gin_metapage_info(page bytea) returns record`

Функция `gin_metapage_info` выдаёт информацию о метастранице индекса GIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM gin_metapage_info(get_raw_page('gin_index', 0));
-[ RECORD 1 ]----+-----------
pending_head     | 4294967295
pending_tail     | 4294967295
tail_free_size   | 0
n_pending_pages  | 0
n_pending_tuples | 0
n_total_pages    | 7
n_entry_pages    | 6
n_data_pages     | 0
n_entries        | 693
```

```
version         | 2
```

`gin_page_opaque_info(page bytea) returns record`

Функция `gin_page_opaque_info` выдаёт информацию из непрозрачной области индекса GIN, например, тип страницы. Например:

```
test=# SELECT * FROM gin_page_opaque_info(get_raw_page('gin_index', 2));
 rightlink | maxoff |         flags
-----------+--------+------------------------
         5 |      0 | {data,leaf,compressed}
(1 row)
```

`gin_leafpage_items(page bytea) returns setof record`

Функция `gin_leafpage_items` выдаёт информацию о данных, хранящихся в странице индекса GIN на уровне листьев. Например:

```
test=# SELECT first_tid, nbytes, tids[0:5] AS some_tids
        FROM gin_leafpage_items(get_raw_page('gin_test_idx', 2));
 first_tid | nbytes |                        some_tids
-----------+--------+----------------------------------------------------------
 (8,41)    |    244 | {"(8,41)","(8,43)","(8,44)","(8,45)","(8,46)"}
 (10,45)   |    248 | {"(10,45)","(10,46)","(10,47)","(10,48)","(10,49)"}
 (12,52)   |    248 | {"(12,52)","(12,53)","(12,54)","(12,55)","(12,56)"}
 (14,59)   |    320 | {"(14,59)","(14,60)","(14,61)","(14,62)","(14,63)"}
 (167,16)  |    376 | {"(167,16)","(167,17)","(167,18)","(167,19)","(167,20)"}
 (170,30)  |    376 | {"(170,30)","(170,31)","(170,32)","(170,33)","(170,34)"}
 (173,44)  |    197 | {"(173,44)","(173,45)","(173,46)","(173,47)","(173,48)"}
(7 rows)
```

F.22.6. Функции для хеш-индексов

`hash_page_type(page bytea) returns text`

Функция `hash_page_type` возвращает тип страницы для заданной страницы хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT hash_page_type(get_raw_page('con_hash_index', 0));
 hash_page_type
----------------
 metapage
```

`hash_page_stats(page bytea) returns setof record`

Функция `hash_page_stats` возвращает информацию о странице группы или переполнения хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_page_stats(get_raw_page('con_hash_index', 1));
-[ RECORD 1 ]---+-----------
live_items      | 407
dead_items      | 0
page_size       | 8192
free_size       | 8
hasho_prevblkno | 4096
hasho_nextblkno | 8474
hasho_bucket    | 0
hasho_flag      | 66
hasho_page_id   | 65408
```

`hash_page_items(page bytea) returns setof record`

Функция `hash_page_items` возвращает информацию о данных, хранящихся на странице группы или переполнения хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_page_items(get_raw_page('con_hash_index', 1)) LIMIT 5;
 itemoffset |   ctid    |    data
------------+-----------+------------
          1 | (899,77)  | 1053474816
          2 | (897,29)  | 1053474816
          3 | (894,207) | 1053474816
          4 | (892,159) | 1053474816
          5 | (890,111) | 1053474816
```

`hash_bitmap_info(index oid, blkno int) returns record`

Функция `hash_bitmap_info` показывает состояние бита в странице битовой карты для определённой страницы переполнения хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_bitmap_info('con_hash_index', 2052);
 bitmapblkno | bitmapbit | bitstatus
-------------+-----------+-----------
          65 |         3 | t
```

`hash_metapage_info(page bytea) returns record`

`hash_metapage_info` возвращает информацию, хранящуюся в метастранице хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT magic, version, ntuples, ffactor, bsize, bmsize, bmshift,
test-#     maxbucket, highmask, lowmask, ovflpoint, firstfree, nmaps, procid,
test-#     regexp_replace(spares::text, '(,0)*}', '}') as spares,
test-#     regexp_replace(mapp::text, '(,0)*}', '}') as mapp
test-# FROM hash_metapage_info(get_raw_page('con_hash_index', 0));
-[ RECORD 1 ]-------------------------------------------------
------------------------------
magic     | 105121344
version   | 4
ntuples   | 500500
ffactor   | 40
bsize     | 8152
bmsize    | 4096
bmshift   | 15
maxbucket | 12512
highmask  | 16383
lowmask   | 8191
ovflpoint | 28
firstfree | 1204
nmaps     | 1
procid    | 450
spares    | {0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,3,4,4,4,45,55,58,59,
508,567,628,704,1193,1202,1204}
mapp      | {65}
```

F.23. passwordcheck

Модуль `passwordcheck` проверяет пароли пользователей, задаваемые командами CREATE ROLE и ALTER ROLE. Если пароль признаётся слишком слабым, он не принимается и команда завершается ошибкой.

Чтобы задействовать этот модуль, добавьте строку `'$libdir/passwordcheck'` в переменную shared_preload_libraries в `postgresql.conf`, а затем перезапустите сервер.

Этот модуль можно приспособить к вашим нуждам, изменив исходный код. Например, для проверки паролей вы можете использовать библиотеку *CrackLib* — для этого нужно только раскомментировать две строки в Makefile и пересобрать модуль. (Мы не можем включить CrackLib по умолчанию из-за лицензии.) Без CrackLib этот модуль проверяет стойкость пароля по простым правилам, которые вы можете изменить или расширить по своему усмотрению.

> **Внимание**
>
> Чтобы незашифрованные пароли не передавались по сети, не записывались в журнал сервера и не стали каким-либо образом известны администратору баз данных, PostgreSQL позволяет пользователю передавать предварительно зашифрованные пароли. Используя это, клиентские программы могут шифровать пароль, прежде чем передавать его серверу.
>
> Это ограничивает полезность модуля passwordcheck, так как в этом случае можно только попытаться угадать пароль. Поэтому использовать passwordcheck не рекомендуется, когда требуется высокий уровень безопасности. Более безопасно будет применить внешний вариант проверки подлинности, например GSSAPI (см. Главу 20), а не использовать пароли, хранящиеся в базе данных.
>
> Также можно изменить passwordcheck, чтобы предварительно зашифрованные пароли не принимались, но если пользователи будут задавать пароли открытым текстом, с этим связаны свои риски безопасности.

F.24. pg_buffercache

Модуль pg_buffercache даёт возможность понять, что происходит в общем кеше буферов в реальном времени.

Этот модуль предоставляет функцию на C pg_buffercache_pages, возвращающую набор записей, плюс представление pg_buffercache, которое является удобной обёрткой этой функции.

По умолчанию его использование разрешено только суперпользователям и членам роли pg_monitor. Дать доступ другим можно с помощью GRANT.

F.24.1. Представление pg_buffercache

Определения столбцов, содержащихся в представлении, показаны в Таблице F.15.

Таблица F.15. Столбцы pg_buffercache

Тип столбца Описание
bufferid integer ID, в диапазоне 1..shared_buffers
relfilenode oid (ссылается на pg_class .relfilenode) Номер файлового узла для отношения
reltablespace oid (ссылается на pg_tablespace .oid) OID табличного пространства, содержащего отношение
reldatabase oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, содержащей отношение
relforknumber smallint Номер слоя в отношении; см. include/common/relpath.h
relblocknumber bigint Номер страницы в отношении
isdirty boolean

Тип столбца Описание
Страница загрязнена?
usagecount smallint Счётчик обращений по часовой стрелке
pinning_backends integer Число обслуживающих процессов, закрепивших этот буфер

Для каждого буфера в общем кеше выдаётся одна строка. Для неиспользуемых буферов все поля равны NULL, за исключением bufferid. Общие системные каталоги показываются как относящиеся к базе данных под номером 0.

Так как кеш используется совместно всеми базами данных, обычно в нём находятся и страницы из отношений, не принадлежащих текущей базе данных. Это означает, что для некоторых строк при соединении с pg_class не найдутся соответствующие строки, либо соединение будет некорректным. Если вы хотите выполнить соединение с pg_class, будет правильным ограничить соединение строками, в которых reldatabase содержит OID текущей базы данных или ноль.

Для копирования данных состояния, которые будут отображаться, блокировки в менеджере буферов не устанавливаются. Поэтому обращения к представлению pg_buffercache меньше сказываются на обычной активности буферов, но набор результатов, полученный для всех буферов, в целом может оказаться несогласованным. Однако внутри каждого отдельного буфера согласованность информации гарантируется.

F.24.2. Пример вывода

```
regression=# SELECT n.nspname, c.relname, count(*) AS buffers
             FROM pg_buffercache b JOIN pg_class c
             ON b.relfilenode = pg_relation_filenode(c.oid) AND
                b.reldatabase IN (0, (SELECT oid FROM pg_database
                                      WHERE datname = current_database()))
             JOIN pg_namespace n ON n.oid = c.relnamespace
             GROUP BY n.nspname, c.relname
             ORDER BY 3 DESC
             LIMIT 10;

  nspname   |        relname         | buffers
------------+------------------------+---------
 public     | delete_test_table      |     593
 public     | delete_test_table_pkey |     494
 pg_catalog | pg_attribute           |     472
 public     | quad_poly_tbl          |     353
 public     | tenk2                  |     349
 public     | tenk1                  |     349
 public     | gin_test_idx           |     306
 pg_catalog | pg_largeobject         |     206
 public     | gin_test_tbl           |     188
 public     | spgist_text_tbl        |     182
(10 rows)
```

F.24.3. Авторы

Марк Кирквуд <markir@paradise.net.nz>

Предложения по конструкции: Нейл Конвей <neilc@samurai.com>

Советы по отладке: Том Лейн <tgl@sss.pgh.pa.us>

F.25. pgcrypto

Модуль `pgcrypto` предоставляет функции защитного преобразования для PostgreSQL.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.25.1. Стандартные функции хеширования

F.25.1.1. digest()

```
digest(data text, type text) returns bytea
digest(data bytea, type text) returns bytea
```

Вычисляет двоичный хеш данных (*data*). Параметр *type* выбирает используемый алгоритм. Поддерживаются стандартные алгоритмы: `md5`, `sha1`, `sha224`, `sha256`, `sha384` и `sha512`. Если модуль `pgcrypto` собирался с OpenSSL, становятся доступны и другие алгоритмы, как описано в Таблице F.19.

Если вы хотите получить дайджест в виде шестнадцатеричной строки, примените `encode()` к результату. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION sha1(bytea) returns text AS $$
    SELECT encode(digest($1, 'sha1'), 'hex')
$$ LANGUAGE SQL STRICT IMMUTABLE;
```

F.25.1.2. hmac()

```
hmac(data text, key text, type text) returns bytea
hmac(data bytea, key bytea, type text) returns bytea
```

Вычисляет имитовставку на основе хеша для данных *data* с ключом *key*. Параметр *type* имеет то же значение, что и для `digest()`.

Эта функция похожа на `digest()`, но вычислить хеш с ней можно, только зная ключ. Это защищает от сценария подмены данных и хеша вместе с ними.

Если размер ключа больше размера блока хеша, он сначала хешируется, а затем используется в качестве ключа хеширования данных.

F.25.2. Функции хеширования пароля

Функции `crypt()` и `gen_salt()` разработаны специально для хеширования паролей. Функция `crypt()` выполняет хеширование, а `gen_salt()` подготавливает параметры алгоритма для неё.

Алгоритмы в `crypt()` отличаются от обычных алгоритмов хеширования MD5 и SHA1 в следующих аспектах:

1. Они медленные. Так как объём данных невелик, это единственный способ усложнить перебор паролей.
2. Они используют случайное значение, называемое *солью*, чтобы у пользователей с одинаковыми паролями защищённые пароли оказывались разными. Это также обеспечивает дополнительную защиту от получения обратного алгоритма.
3. Они включают в результат тип алгоритма, что допускает сосуществование паролей, хешированных разными алгоритмами.
4. Некоторые из них являются адаптируемыми — то есть с ростом производительности компьютеров эти алгоритмы можно настроить так, чтобы они стали медленнее, при этом сохраняя совместимость с существующими паролями.

В Таблице F.16 перечислены алгоритмы, поддерживаемые функцией `crypt()`.

Таблица F.16. Алгоритмы, которые поддерживает crypt()

Алгоритм	Макс. длина пароля	Адаптивный?	Размер соли (бит)	Размер результата	Описание
bf	72	да	128	60	На базе Blowfish, вариация 2a
md5	без ограничений	нет	48	34	crypt на базе MD5
xdes	8	да	24	20	Расширенный DES
des	8	нет	12	13	Изначальный crypt из UNIX

F.25.2.1. crypt()

```
crypt(password text, salt text) returns text
```

Вычисляет хеш пароля (*password*) в стиле crypt(3). Для сохранения нового пароля необходимо вызвать `gen_salt()`, чтобы сгенерировать новое значение соли (*salt*). Для проверки пароля нужно передать сохранённое значение хеша в параметре *salt* и проверить, соответствует ли результат сохранённому значению.

Пример установки нового пароля:

```
UPDATE ... SET pswhash = crypt('new password', gen_salt('md5'));
```

Пример проверки пароля:

```
SELECT (pswhash = crypt('entered password', pswhash)) AS pswmatch FROM ... ;
```

Этот запрос возвращает `true`, если введённый пароль правильный.

F.25.2.2. gen_salt()

```
gen_salt(type text [, iter_count integer ]) returns text
```

Вычисляет новое случайное значение соли для функции `crypt()`. Строка соли также говорит `crypt()`, какой алгоритм использовать.

Параметр *type* задаёт алгоритм хеширования. Принимаются следующие варианты: `des`, `xdes`, `md5` и `bf`.

Параметр *iter_count* позволяет пользователю указать счётчик итераций для алгоритма, который его принимает. Чем больше это число, тем больше времени уйдёт на вычисление хеша пароля, а значит, тем больше времени понадобится, чтобы взломать его. Хотя со слишком большим значением время вычисления хеша может вырасти до нескольких лет — это вряд ли практично. Когда параметр *iter_count* опускается, применяется количество итераций по умолчанию. Множество допустимых значений для *iter_count* зависит от алгоритма, как показано в Таблице F.17.

Таблица F.17. Счётчики итераций для crypt()

Алгоритм	По умолчанию	Мин.	Макс.
xdes	725	1	16777215
bf	6	4	31

Для `xdes` есть дополнительное ограничение: счётчик итераций должен быть нечётным.

При выборе подходящего числа итераций учтите, что оригинальный алгоритм DES crypt был рассчитан так, чтобы выдавать 4 хеша в секунду на компьютерах того времени. Если за секунду будет вычисляться меньше 4 хешей, скорее всего, возникнут определённые неудобства при пользовании. С другой стороны, скорость больше, чем 100 хешей в секунду, вероятно, будет слишком высокой.

В Таблице F.18 дана сводка относительной скорости различных алгоритмов хеширования. В таблице показано, сколько времени уйдёт на перебор всех комбинацией символов в восьмисимвольном пароле, в предположении, что пароль содержит только буквы в нижнем регистре, либо буквы в верхнем и нижнем регистре, а также цифры. В строках `crypt-bf` числа после косой черты показывают значение параметра *`iter_count`* функции `gen_salt`.

Таблица F.18. Скорости алгоритмов хеширования

Алгоритм	**Хешей/сек.**	**Для** `[a-z]`	**Для** `[A-Za-z0-9]`	**Длительность относительно** `md5`
`crypt-bf/8`	1792	4 года	3927 лет	100k
`crypt-bf/7`	3648	2 года	1929 лет	50k
`crypt-bf/6`	7168	1 год	982 лет	25k
`crypt-bf/5`	13504	188 дней	521 лет	12.5k
`crypt-md5`	171584	15 дней	41 год	1k
`crypt-des`	23221568	157.5 минут	108 дней	7
`sha1`	37774272	90 минут	68 дней	4
`md5` (хеш)	150085504	22.5 минут	17 дней	1

Замечания:

- Для расчётов использовался процессор Intel Mobile Core i3.
- Показатели алгоритмов `crypt-des` и `crypt-md5` взяты из вывода теста программы John the Ripper v1.6.38.
- Показатели `md5` получены программой mdcrack 1.2.
- Показатели `sha1` получены программой lcrack-20031130-beta.
- Показатели `crypt-bf` получены простой программой, обрабатывающей в цикле 1000 паролей из 8-символов. Таким способом можно показать скорость с разным числом итераций. Для справки: `john -test` показывает 13506 циклов/с для `crypt-bf/5`. (Это очень небольшое различие в результатах согласуется с тем фактом, что реализация `crypt-bf` в `pgcrypto` не отличается от применяемой в программе John the Ripper.)

Заметьте, что вариант «перепробовать все комбинации» не вполне реалистичен. Обычно перебор паролей производится с применением словарей, которые содержат и обычные слова, и их различные видоизменения. Поэтому даже похожие на слова пароли обычно можно подобрать быстрее, чем за указанное время, тогда как 6-символьный несловесный пароль может избежать взлома. А может и не избежать.

F.25.3. Функции защитного преобразования на базе PGP

Функции, описанные здесь, реализуют часть стандарта OpenPGP (RFC 4880), относящуюся к защитным преобразованиям. Они поддерживают защитные преобразования как с симметричным, так и с открытым ключом.

Защищённое PGP сообщение состоит из 2 частей или *пакетов*:

- Пакет, содержащий сеансовый ключ — либо симметричный, либо открытый (в защищённом виде).

- Пакет, содержащий данные, защищённые сеансовым ключом.

При защитном преобразовании с симметричным ключом (то есть, паролем):

1. Заданный пароль хешируется по алгоритму String2Key (S2K). Этот алгоритм подобен алгоритмам `crypt()` — специально замедлен и добавляет случайную соль — но на выход выдаёт двоичный ключ полной длины.
2. Если требуется отдельный сеансовый ключ, генерируется новый случайный ключ. В противном случае в качестве сеансового будет использоваться непосредственно ключ S2K.
3. Когда используется непосредственно ключ S2K, в пакет сеансового ключа помещаются только параметры S2K. В противном случае сеансовый ключ защищается ключом S2K и помещается в пакет сеансового ключа.

При защитном преобразовании с открытым ключом:

1. Генерируется новый случайный сеансовый ключ.
2. Он защищается открытым ключом и помещается в пакет сеансового ключа.

В любом случае данные, которые должны быть защищены, обрабатываются так:

1. Необязательная подготовка данных: сжатие, перекодировка в UTF-8 и/или преобразование концов строк.
2. Перед данными добавляется блок случайных байт. Это равносильно использованию случайного вектора инициализации.
3. В конце добавляется хеш SHA1 случайного префикса и данных.
4. Всё это защищается сеансовым ключом и помещается в пакет данных.

F.25.3.1. `pgp_sym_encrypt()`

```
pgp_sym_encrypt(data text, psw text [, options text ]) returns bytea
pgp_sym_encrypt_bytea(data bytea, psw text [, options text ]) returns bytea
```

Защищает данные (*data*) симметричным ключом PGP *psw*. В *options* могут передаваться параметры защитного преобразования, описанные ниже.

F.25.3.2. `pgp_sym_decrypt()`

```
pgp_sym_decrypt(msg bytea, psw text [, options text ]) returns text
pgp_sym_decrypt_bytea(msg bytea, psw text [, options text ]) returns bytea
```

Делает обратное преобразование сообщения, защищённого симметричным ключом PGP.

Обратно преобразовывать данные `bytea` функцией `pgp_sym_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы не допустить вывода некорректных символьных данных. Обратно преобразовывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_sym_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *options* может содержать параметры защитного преобразования, описанные ниже.

F.25.3.3. `pgp_pub_encrypt()`

```
pgp_pub_encrypt(data text, key bytea [, options text ]) returns bytea
pgp_pub_encrypt_bytea(data bytea, key bytea [, options text ]) returns bytea
```

Защищает данные (*data*) открытым ключом PGP (*key*). Если передать этой функции закрытый ключ, она выдаст ошибку.

Аргумент *options* может содержать параметры защитного преобразования, описанные ниже.

F.25.3.4. `pgp_pub_decrypt()`

```
pgp_pub_decrypt(msg bytea, key bytea [, psw text [, options text ]]) returns text
pgp_pub_decrypt_bytea(msg bytea, key bytea [, psw text [, options text ]]) returns
 bytea
```

Обратно преобразовывает сообщение, защищённое открытым ключом. В *key* должен передаваться закрытый ключ, соответствующий открытому ключу, применяющемуся при защитном преобразовании. Если секретный ключ защищён паролем, этот пароль нужно передать в параметре *psw*. Если пароля нет, но необходимо передать параметры, вы должны передать пустой пароль.

Обратно преобразовывать данные `bytea` функцией `pgp_pub_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы исключить вывод недопустимых символьных данных. Обратно преобразовывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_pub_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *options* может содержать параметры защитного преобразования, описанные ниже.

F.25.3.5. pgp_key_id()

```
pgp_key_id(bytea) returns text
```

`pgp_key_id` извлекает идентификатор ключа из открытого или закрытого ключа PGP. Она также может выдать идентификатор ключа, которым были защищены данные, если ей передаётся защищённое сообщение.

Она может выдать два специальных идентификатора ключа:

- `SYMKEY`

  Сообщение защищено симметричным ключом.

- `ANYKEY`

  Сообщение защищено открытом ключом, но идентификатор ключа был удалён. Это означает, что вам надо будет перепробовать ключи, чтобы подобрать подходящий. Сама библиотека `pgcrypto` не генерирует такие сообщения.

Заметьте, что разные ключи могут иметь одинаковый идентификатор. Это редкое, но не невероятное явление. В таком случае клиентское приложение должно пытаться обратно преобразовать данные с каждым ключом, пока не найдёт подходящий — примерно так же, как и с `ANYKEY`.

F.25.3.6. armor(), dearmor()

```
armor(data bytea [ , keys text[], values text[] ]) returns text
dearmor(data text) returns bytea
```

Эти функции переводят двоичные данные в/из формата PGP «ASCII Armor», по сути представляющий собой кодировку Base64 с контрольными суммами и дополнительным форматированием.

Если задаются массивы *keys* и *values*, для каждой пары ключ/значения в формат Armor добавляется *заголовок Armor*. Оба массива должны быть одномерными и иметь одинаковую длину. Задаваемые ключи и значения могут содержать только символы ASCII.

F.25.3.7. pgp_armor_headers

```
pgp_armor_headers(data text, key out text, value out text) returns setof record
```

Функция `pgp_armor_headers()` извлекает заголовки Armor из параметра *data*. Она возвращает набор строк с двумя столбцами, key и value. Если в ключах или значениях оказываются символы не ASCII, они воспринимаются как UTF-8.

F.25.3.8. Параметры функций PGP

Имена параметров подобны принятым в GnuPG. Значение параметра должно задаваться после знака равно; друг от друга параметры отделяются запятыми. Например:

```
pgp_sym_encrypt(data, psw, 'compress-algo=1, cipher-algo=aes256')
```

Все эти параметры, кроме `convert-crlf`, применяются только к функциям защитного преобразования. Функции защитного преобразования получают параметры из данных PGP.

Вероятно, самые интересные параметры — это `compress-algo` и `unicode-mode`. Остальные должны иметь достаточно адекватные значения по умолчанию.

F.25.3.8.1. cipher-algo

Выбирает алгоритм защитного преобразования.

Значения: bf, aes128, aes192, aes256 (только OpenSSL: `3des`, `cast5`)
По умолчанию: aes128
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.8.2. compress-algo

Выбирает алгоритм сжатия. Принимается, только если PostgreSQL собран с zlib.

Значения:
  0 — без сжатия
  1 — сжатие ZIP
  2 — сжатие ZLIB (= ZIP плюс метаданные и CRC блоков)
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.8.3. compress-level

Определяет уровень сжатия. Чем больше уровень, тем меньшего объёма результат, но длительнее процесс. Значение 0 отключает сжатие.

Значения: 0, 1-9
По умолчанию: 6
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.8.4. convert-crlf

Определяет, преобразовывать ли `\n` в `\r\n` при защитном преобразовании и `\r\n` в `\n` при обратном защитном преобразовании. В RFC 4880 требуется, чтобы текстовые данные хранились с переводами строк в виде `\r\n`. Воспользуйтесь этим параметром, чтобы поведение полностью соответствовало RFC.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt, pgp_sym_decrypt, pgp_pub_decrypt

F.25.3.8.5. disable-mdc

Не защищать данные хешем SHA-1. Единственная разумная причина использовать этот параметр — добиться совместимости с древними программами PGP, вышедшими до того, как в RFC 4880 была предусмотрена защита пакетов с SHA-1. Все последние реализации с gnupg.org и pgp.com прекрасно поддерживают это.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.8.6. sess-key

Использовать отдельный сеансовый ключ. Для защитного преобразования с открытым ключом всегда используется отдельный сеансовый ключ; этот параметр предназначен для защитного преобразования с симметричным ключом, которое по умолчанию использует непосредственно ключ S2K.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.7. s2k-mode

Режим алгоритма S2K.

Значения:
  0 — Без соли. Опасно!
  1 — С солью, но с фиксированным числом итераций.
  3 — С переменным числом итераций.
По умолчанию: 3
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.8. s2k-count

Число итераций для алгоритма S2K. Оно должно быть не меньше 1024 и не больше 65011712.

По умолчанию: случайное значение между 65536 и 253952
Применим к: pgp_sym_encrypt, только с s2k-mode=3

F.25.3.8.9. s2k-digest-algo

Выбирает алгоритм хеширования, который будет использоваться для вычисления S2K.

Значения: md5, sha1
По умолчанию: sha1
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.10. s2k-cipher-algo

Выбирает защитное преобразование, который будет использоваться для отдельного сеансового ключа.

Значения: bf, aes, aes128, aes192, aes256
По умолчанию: используется cipher-algo
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.11. unicode-mode

Определяет, преобразовывать ли текстовые данные из внутренней кодировки базы данных в UTF-8 и обратно. Если кодировка базы уже UTF-8, перекодировка не производится, но сообщение помечается как UTF-8. Без данного параметра этого не происходит.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.9. Формирование ключей PGP с применением GnuPG

Формирование нового ключа:

```
gpg --gen-key
```

Предпочитаемый тип ключей: «DSA and Elgamal».

Для защитного преобразования RSA вы должны создать главный ключ либо DSA, либо RSA только для подписания, а затем добавить подключ для защитного преобразования, выполнив команду `gpg --edit-key`.

Просмотр списка ключей:

```
gpg --list-secret-keys
```

Экспорт открытого ключа в формате «ASCII Armor»:

```
gpg -a --export KEYID > public.key
```

Экспорт закрытого ключа в формате «ASCII Armor»:

```
gpg -a --export-secret-keys KEYID > secret.key
```

Прежде чем передавать эти ключи функциям PGP, вы должны применить функцию `dearmor()` к этим ключам. Либо, если вы можете обработать двоичные данные, уберите `-a` из команды.

Дополнительную информацию вы можете получить в руководстве `man gpg`, *The GNU Privacy Handbook* (Руководство GNU по обеспечению конфиденциальности) и другой документации на сайте *https://www.gnupg.org/*.

F.25.3.10. Ограничения кода PGP

- Не поддерживается подписывание. Это также означает, что принадлежность подключа защитного преобразования главному ключу не проверяется.
- Не поддерживается использование ключа защитного преобразования в качестве главного ключа. Так как подобная практика обычно не приветствуется, это не должно быть проблемой.
- Нет поддержки нескольких подключей. Это может представляться проблемой, так как такие ключи не редкость. С другой стороны, вы всё равно не должны использовать обычные ключи GPG/PGP с `pgcrypto`, а должны создать новые, учитывая, что это другой сценарий использования.

F.25.4. Низкоуровневые функции защитного преобразования

Эти функции выполняют только защитное преобразование данных; они не предоставляют расширенные возможности защитного преобразования PGP. Таким образом, с ними связаны следующие проблемы:

1. Они используют ключ пользователя непосредственно в качестве ключа защитного преобразования.
2. Они не обеспечивают проверку целостности, которая должна выявлять модификацию защищённых данных.
3. Они рассчитаны на то, что пользователи будут управлять всеми параметрами защитного преобразования самостоятельно, даже вектором инициализации.
4. Они не рассчитаны на текст.

Поэтому с появлением поддержки защитного преобразования PGP использовать низкоуровневые функции защитного преобразования не рекомендуется.

```
encrypt(data bytea, key bytea, type text) returns bytea
decrypt(data bytea, key bytea, type text) returns bytea

encrypt_iv(data bytea, key bytea, iv bytea, type text) returns bytea
decrypt_iv(data bytea, key bytea, iv bytea, type text) returns bytea
```

Эти функции производят прямое и обратное защитное преобразование данных, применяя метод, заданный параметром *`type`*. Строка *`type`* имеет следующий формат:

`алгоритм` `[ -` *`режим`* `] [ /pad:` *`дозаполнение`* `]`

где допустимый *`алгоритм`*:

- `bf` — Blowfish
- `aes` — AES (Rijndael-128, -192 или -256)

допустимый *режим*:

- `cbc` — следующий блок зависит от предыдущего (по умолчанию)
- `ecb` — каждый блок защищается отдельно (только для тестирования)

и допустимое *дозаполнение*:

- `pkcs` — данные могут быть любой длины (по умолчанию)
- `none` — размер данных должен быть кратен размеру блока защитного преобразования

Так что, например, эти вызовы равнозначны:

```
encrypt(data, 'fooz', 'bf')
encrypt(data, 'fooz', 'bf-cbc/pad:pkcs')
```

Для функций `encrypt_iv` и `decrypt_iv` параметр *iv* задаёт начальное значение для режима CBC; для ECB он игнорируется. Оно обрезается или дополняется нулями, если его размер не равен ровно размеру блока. В функциях без этого параметра оно по умолчанию заполняется нулями.

F.25.5. Функции получения случайных данных

```
gen_random_bytes(count integer) returns bytea
```

Возвращает защищённые стойкие случайные байты в количестве *count*. За один вызов можно получить максимум 1024 байт. Это ограничение предотвращает исчерпание пула энтропии.

```
gen_random_uuid() returns uuid
```

Возвращает UUID версии 4 (случайный). (Эта функция в данном модуле считается устаревшей, она вызывает одноимённую функцию ядра.)

F.25.6. Примечания

F.25.6.1. Конфигурирование

Модуль `pgcrypto` настраивается согласно установкам, полученным в главном скрипте `configure` PostgreSQL. На его конфигурацию влияют аргументы `--with-zlib` и `--with-openssl`.

При компиляции с zlib функции защитного преобразования PGP могут сжимать данные перед применением преобразования.

При компиляции с OpenSSL будут доступны дополнительные алгоритмы. Кроме того, функции защитного преобразования с открытым ключом будут быстрее, так как OpenSSL содержит больше оптимизированных функций для работы с большими числами (BIGNUM).

Таблица F.19. Обзор функциональности с и без OpenSSL

Функциональность	Встроенная	С OpenSSL
MD5	да	да
SHA1	да	да
SHA224/256/384/512	да	да
Другие алгоритмы хеширования	нет	да (Примечание 1)
Blowfish	да	да
AES	да	да

Функциональность	Встроенная	С OpenSSL
DES/3DES/CAST5	нет	да
Низкоуровневое защитное преобразование	да	да
Симметричное защитное преобразование PGP	да	да
Защитное преобразование PGP с открытым ключом	да	да

Чтобы использовать устаревшие алгоритмы защитного преобразования, такие как DES или Blowfish, при компиляции с OpenSSL версии 3.0.0 и выше, нужно активировать поставщиков этих алгоритмов в файле конфигурации `openssl.cnf`.

Замечания:

1. Автоматически выбирается любой алгоритм хеширования, который поддерживает OpenSSL. Это невозможно с видами защитного преобразования, они должны поддерживаться явно.

F.25.6.2. Обработка NULL

Как и положено по стандарту SQL, все эти функции возвращают NULL, если один из аргументов — NULL. Это может угрожать безопасности при неаккуратном использовании.

F.25.6.3. Ограничения безопасности

Все функции `pgcrypto` выполняются внутри сервера баз данных. Это означает, что все данные и пароли передаются между функциями `pgcrypto` и клиентскими приложениями открытым текстом. Поэтому вы должны:

1. Подключаться локально или использовать подключения SSL.
2. Доверять и системе, и администратору баз данных.

Если это невозможно, лучше произвести защитное преобразование в клиентском приложении.

Эта реализация не противостоит *атакам по сторонним каналам*. Например, время, требующееся для выполнения функции обратного защитного преобразования `pgcrypto`, будет разным для разного защищённого текста заданного размера.

F.25.7. Автор

Марко Крин `<markokr@gmail.com>`

Модуль `pgcrypto` заимствует код из следующих источников:

Алгоритм	Автор	Источник исходного кода
Защитное преобразование DES	Дэвид Буррен и другие	FreeBSD, libcrypt
Хеширование MD5	Пол-Хеннинг Камп	FreeBSD, libcrypt
Защитное преобразование Blowfish	Solar Designer	www.openwall.com
Шифр Blowfish	Саймон Тэтем	PuTTY
Шифр Rijndael	Брайан Глэдмен	OpenBSD, sys/crypto
Хеш MD5 и SHA1	Проект WIDE	KAME, kame/sys/crypto
SHA256/384/512	Аарон Д. Гиффорд	OpenBSD, sys/crypto
Математика BIGNUM	Майкл Дж. Фромбергер	dartmouth.edu/~sting/sw/imath

F.26. pg_freespacemap

Модуль pg_freespacemap предоставляет средства для исследования карты свободного пространства (FSM). В нём реализована функция pg_freespace, точнее, две перегруженных функции. Эти функции показывают значение, записанное в карте свободного пространства для данной страницы, либо для всех страниц отношения.

По умолчанию его использование разрешено только суперпользователям и членам роли pg_stat_scan_tables. Дать доступ другим можно с помощью GRANT.

F.26.1. Функции

pg_freespace(rel regclass IN, blkno bigint IN) returns int2

Возвращает объём свободного пространства на странице для отношения, заданного параметром blkno, согласно FSM.

pg_freespace(rel regclass IN, blkno OUT bigint, avail OUT int2)

Выдаёт объём свободного пространства на каждой странице отношения, согласно FSM. Возвращается набор кортежей (blkno bigint, avail int2), по одному кортежу для каждой страницы в отношении.

Значения, хранимые в карте свободного пространства, не являются точными. Они округляются до 1/256 величины BLCKSZ (до 32 байт со значением BLCKSZ по умолчанию) и не поддерживаются в актуальном состоянии при каждом добавлении и изменении кортежей.

Для индексов отслеживаются полностью неиспользованные страницы, а не свободное пространство в страницах. Таким образом, эти значения отражают только то, что страница используется или свободна.

Примечание

Интерфейс был изменён в версии 8.4, в соответствии с нововведениями реализации FSM, которые появились в этой версии.

F.26.2. Пример вывода

```
postgres=# SELECT * FROM pg_freespace('foo');
 blkno | avail
-------+-------
     0 |     0
     1 |     0
     2 |     0
     3 |    32
     4 |   704
     5 |   704
     6 |   704
     7 |  1216
     8 |   704
     9 |   704
    10 |   704
    11 |   704
    12 |   704
    13 |   704
    14 |   704
    15 |   704
```

```
    16 |    704
    17 |    704
    18 |    704
    19 |   3648
(20 rows)

postgres=# SELECT * FROM pg_freespace('foo', 7);
 pg_freespace
--------------
         1216
(1 row)
```

F.26.3. Автор

Исходную версию разработал Марк Кирквуд <markir@paradise.net.nz>. Для версии 8.4 с новой реализацией FSM код адаптировал Хейкки Линнакангас <heikki@enterprisedb.com>

F.27. pg_prewarm

Модуль pg_prewarm предоставляет удобную возможность загружать данные отношений в кеш операционной системы или в кеш буферов PostgreSQL. Предварительную загрузку можно выполнить вручную, вызвав функцию pg_prewarm, или автоматически, добавив pg_prewarm в shared_preload_libraries. Во втором случае система запустит фоновый процесс, который будет периодически записывать содержимое разделяемых буферов в файл autoprewarm.blocks с тем, чтобы эти блоки подгружались в память при запуске сервера, используя два дополнительных фоновых процесса.

F.27.1. Функции

```
pg_prewarm(regclass, mode text default 'buffer', fork text default 'main',
           first_block int8 default null,
           last_block int8 default null) RETURNS int8
```

Первый аргумент задаёт отношение, которое будет «разогрето». Во втором указывается метод «разогрева», из описанных ниже; в третьем задаётся целевой слой отношения, обычно main. В четвёртом аргументе можно передать номер первого разогреваемого блока (NULL принимается как синоним нуля), а в пятом — номер последнего блока (NULL означает последний блок отношения). Возвращает эта функция количество разогретых блоков.

Эта функция поддерживает три режима разогрева. В режиме prefetch выдаются асинхронные запросы предвыборки данных операционной системе, если они поддерживаются, либо происходит ошибка. В режиме read считывается заданный диапазон блоков; в отличие от prefetch это происходит синхронно и поддерживается во всех ОС и любыми сборками, но может быть медленнее. В режиме buffer запрошенный диапазон блоков считывается в кеш буферов базы данных.

Заметьте, что с любым из этих методов попытка разогреть больше блоков, чем может уместиться в кеше (в кеше ОС в режимах prefetch и read, либо в кеше PostgreSQL в режиме buffer) скорее всего приведёт к тому, что блоки с меньшими номерами будут вытеснены из кеша при чтении последующих блоков. Кроме того, разогретые данные никаким специальным образом не защищаются от вытеснения из кеша, так что возможна ситуация, когда из-за другой активности только что разогретые блоки будут вытеснены вскоре после чтения; с другой стороны при таком разогреве из кеша могут быть вытеснены другие данные. Поэтому разогрев обычно наиболее полезен при загрузке, когда кеши в основном пусты.

```
autoprewarm_start_worker() RETURNS void
```

Запустить основной рабочий процесс авторазогрева. Обычно он запускается автоматически, но эта функция полезна, если автоматический разогрев не был настроен при запуске сервера и вы хотите запустить этот процесс позже.

autoprewarm_dump_now() RETURNS int8

Обновить autoprewarm.blocks немедленно. Это может быть полезно, если рабочий процесс авторазогрева не работает, но вы хотите, чтобы авторазогрев был произведён при перезапуске. Эта функция возвращает число записей, внесённых в autoprewarm.blocks.

F.27.2. Параметры конфигурации

pg_prewarm.autoprewarm (boolean)

Указывает, должен ли сервер запускать рабочий процесс авторазогрева. По умолчанию он включён. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

pg_prewarm.autoprewarm_interval (int)

Задаёт интервал между обновлениями файла autoprewarm.blocks. Значение по умолчанию — 300 сек. При значении, равном 0, файл будет сохраняться не периодически, а только при отключении сервера.

Эти параметры должны задаваться в postgresql.conf. Обычное использование выглядит так:

```
# postgresql.conf
shared_preload_libraries = 'pg_prewarm'

pg_prewarm.autoprewarm = true
pg_prewarm.autoprewarm_interval = 300s
```

F.27.3. Автор

Роберт Хаас <rhaas@postgresql.org>

F.28. pgrowlocks

Модуль pgrowlocks предоставляет функцию, показывающую информацию о блокировке строк для заданной таблицы.

По умолчанию его использование разрешено суперпользователям, членам роли pg_stat_scan_tables и пользователям с правом SELECT в заданной таблице.

F.28.1. Обзор

pgrowlocks(text) returns setof record

В параметре передаётся имя таблицы. В результате возвращается набор записей, в котором строка соответствует строке, заблокированной в таблице. Столбцы результата показаны в Таблице F.20.

Таблица F.20. Столбцы результата pgrowlocks

Имя	Тип	Описание
locked_row	tid	Идентификатор кортежа (TID) блокированной строки
locker	xid	Идентификатор блокирующей транзакции или идентификатор мультитранзакции, если это мультитранзакция
multi	boolean	True, если блокирующий субъект — мультитранзакция
xids	xid[]	Идентификаторы блокирующих транзакций (больше одной для мультитранзакции)

Имя	Тип	Описание
modes	text[]	Режим блокирования (больше одного для мультитранзакции), массив со значениями Key Share, Share, For No Key Update, No Key Update, For Update, Update.
pids	integer[]	Идентификаторы блокирующих обслуживающих процессов (больше одного для мультитранзакции)

Функция pgrowlocks запрашивает блокировку AccessShareLock для целевой таблицы и считывает строку за строкой для сбора информации о блокировке строк. Это происходит небыстро для большой таблицы. Заметьте, что:

1. Если таблица заблокирована в режиме ACCESS EXCLUSIVE, функция pgrowlocks будет блокироваться.
2. Функция pgrowlocks не гарантирует внутреннюю согласованность результатов. В ходе её выполнения могут быть установлены новые блокировки строк, либо освобождены старые.

Функция pgrowlocks не показывает содержимое заблокированных строк. Если вы хотите параллельно взглянуть на содержимое строк, можно проделать примерно следующее:

```
SELECT * FROM accounts AS a, pgrowlocks('accounts') AS p
  WHERE p.locked_row = a.ctid;
```

Однако учтите, что такой запрос будет очень неэффективным.

F.28.2. Пример вывода

```
=# SELECT * FROM pgrowlocks('t1');
 locked_row | locker | multi | xids  |     modes      |  pids
------------+--------+-------+-------+----------------+--------
 (0,1)      |    609 | f     | {609} | {"For Share"}  | {3161}
 (0,2)      |    609 | f     | {609} | {"For Share"}  | {3161}
 (0,3)      |    607 | f     | {607} | {"For Update"} | {3107}
 (0,4)      |    607 | f     | {607} | {"For Update"} | {3107}
(4 rows)
```

F.28.3. Автор

Тацуо Исии (Tatsuo Ishii)

F.29. pg_stat_statements

Модуль pg_stat_statements предоставляет возможность отслеживать статистику планирования и выполнения сервером всех операторов SQL.

Этот модуль нужно загружать, добавив pg_stat_statements в shared_preload_libraries в файле postgresql.conf, так как ему требуется дополнительная разделяемая память. Это значит, что для загрузки или выгрузки модуля необходимо перезапустить сервер.

Когда модуль pg_stat_statements загружается, он отслеживает статистику по всем базам данных на сервере. Для получения и обработки этой статистики этот модуль предоставляет представление pg_stat_statements и вспомогательные функции pg_stat_statements_reset и pg_stat_statements. Эти объекты не доступны глобально, но их можно установить в определённой базе данных, выполнив команду CREATE EXTENSION pg_stat_statements.

F.29.1. Представление pg_stat_statements

Статистика, собираемая модулем, выдаётся через представление с именем pg_stat_statements. Это представление содержит отдельные строки для каждой комбинации идентификатора базы данных, идентификатора пользователя и идентификатора запроса (но в количестве, не превышающем максимальное число различных операторов, которые может отслеживать модуль). Столбцы представления показаны в Таблице F.21.

Таблица F.21. Столбцы pg_stat_statements

Тип столбца Описание
userid oid (ссылается на pg_authid .oid) OID пользователя, выполнявшего оператор
dbid oid (ссылается на pg_database .oid) OID базы данных, в которой выполнялся оператор
queryid bigint Внутренний хеш-код, вычисленный по дереву разбора оператора
query text Текст, представляющий оператор
plans bigint Число операций планирования этого оператора (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
total_plan_time double precision Общее время, затраченное на планирование этого оператора в миллисекундах (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
min_plan_time double precision Минимальное время, затраченное на планирование этого оператора в миллисекундах (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
max_plan_time double precision Максимальное время, затраченное на планирование этого оператора в миллисекундах (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
mean_plan_time double precision Среднее время, затраченное на планирование этого оператора в миллисекундах (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
stddev_plan_time double precision Стандартное отклонение времени, затраченного на планирование этого оператора в миллисекундах (если включён параметр pg_stat_statements.track_planning , иначе 0)
calls bigint Число выполнений
total_exec_time double precision Общее время, затраченное на выполнение оператора, в миллисекундах
min_exec_time double precision Минимальное время, затраченное на выполнение оператора, в миллисекундах
max_exec_time double precision Максимальное время, затраченное на выполнение оператора, в миллисекундах
mean_exec_time double precision Среднее время, затраченное на выполнение оператора, в миллисекундах
stddev_exec_time double precision Стандартное отклонение времени, затраченного на выполнение оператора, в миллисекундах

Тип столбца Описание
`rows` `bigint` Общее число строк, полученных или затронутых оператором
`shared_blks_hit` `bigint` Общее число попаданий разделяемых блоков в кеш для данного оператора
`shared_blks_read` `bigint` Общее число разделяемых блоков, прочитанных данным оператором
`shared_blks_dirtied` `bigint` Общее число разделяемых блоков, «загрязнённых» данным оператором
`shared_blks_written` `bigint` Общее число разделяемых блоков, записанных данным оператором
`local_blks_hit` `bigint` Общее число попаданий локальных блоков в кеш для данного оператора
`local_blks_read` `bigint` Общее число локальных блоков, прочитанных данным оператором
`local_blks_dirtied` `bigint` Общее число локальных блоков, «загрязнённых» данным оператором
`local_blks_written` `bigint` Общее число локальных блоков, записанных данным оператором
`temp_blks_read` `bigint` Общее число временных блоков, прочитанных данным оператором
`temp_blks_written` `bigint` Общее число временных блоков, записанных данным оператором
`blk_read_time` `double precision` Общее время, затраченное оператором на чтение блоков, в миллисекундах (если включён track_io_timing, или ноль в противном случае)
`blk_write_time` `double precision` Общее время, затраченное оператором на запись блоков, в миллисекундах (если включён track_io_timing, или ноль в противном случае)
`wal_records` `bigint` Общее число записей WAL, сгенерированных при выполнении оператора
`wal_fpi` `bigint` Общее число образов полных страниц в WAL, сгенерированных при выполнении оператора
`wal_bytes` `numeric` Общий объём WAL, сгенерированный при выполнении оператора, в байтах

По соображениям безопасности только суперпользователям и членам роли `pg_read_all_stats` разрешено видеть текст SQL и `queryid` запросов, выполняемых другими пользователями. Однако другие пользователи могут видеть статистику, если это представление установлено в их базу данных.

Планируемые запросы (то есть `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`) объединяются в одну запись в `pg_stat_statements`, когда они имеют идентичные структуры запросов согласно внутреннему вычисленному хешу. Обычно два запроса будут считаться равными при таком сравнении, если они семантически равнозначны, не считая значений констант, фигурирующих в запросе. Однако служебные команды (то есть все другие команды) сравниваются строго по текстовым строкам запросов.

Когда значение константы игнорируется в целях сравнения запроса с другими запросами, эта константа заменяется в выводе `pg_stat_statements` обозначением параметра, например, `$1`. В остальном этот вывод содержит текст первого запроса, хеш которого равнялся значению queryid, связанному с записью в pg_stat_statements.

В некоторых случаях запросы с визуально различными текстами могут быть объединены в одну запись pg_stat_statements. Обычно это происходит только для семантически равнозначных запросов, но есть небольшая вероятность, что из-за наложений хеша несвязанные запросы могут оказаться объединёнными в одной записи. (Однако это невозможно для запросов, принадлежащих разным пользователям баз данных.)

Так как значение хеша queryid вычисляется по представлениям запроса на стадии после разбора, возможна и обратная ситуация: запросы с одинаковым текстом могут оказаться в разных записях, если они получили различные представления по разным причинам, например, из-за изменения search_path.

Потребители статистики pg_stat_statements могут пожелать использовать в качестве более стабильного и надёжного идентификатора для каждой записи не текст запроса, а queryid (возможно, в сочетании с dbid и userid). Однако важно понимать, что стабильность значения хеша queryid гарантируется с ограничениями. Так как этот идентификатор получается из дерева запроса после анализа, его значение будет, помимо прочего, зависеть от внутренних идентификаторов объектов, фигурирующих в этом представлении. С этим связано несколько неинтуитивных следствий. Например, pg_stat_statements будет считать два одинаково выглядящих запроса разными, если они обращаются к таблице, которая была удалена, а затем воссоздана между этими запросами. Результат хеширования также чувствителен к различиям в машинной архитектуре и другим особенностям платформы. Более того, не стоит рассчитывать на то, что queryid будет оставаться неизменным при обновлении основных версий PostgreSQL.

Можно ожидать, что два сервера, участвующие в репликации на основе воспроизведения физического WAL, будут иметь одинаковые queryid для одного запроса. Однако схемы с логической репликацией не гарантируют сохранения идентичности реплик во всех имеющих значение деталях, так что queryid не будет полезным идентификатором для накопления показателей стоимости по набору логических реплик. В случае сомнений в том или ином подходе рекомендуется непосредственно протестировать его.

Как правило, можно предположить, что значения queryid не меняются между корректирующими релизами PostgreSQL при условии, что экземпляры работают на одной и той же архитектуре и детали метаданных каталога совпадают. Совместимость между корректирующими релизами может быть нарушена только в крайнем случае.

Обозначения параметров, применяемые для замены констант в представляющем запросы тексте, нумеруются, начиная со следующего за последним параметром $*n* в исходном тексте запроса, или с $1 в отсутствие параметров в нём. Стоит отметить, что в некоторых случаях на эту нумерацию могут влиять скрытые символы параметров. Например, PL/pgSQL применяет такие символы для добавления в запросы значений локальных переменных функций, так что оператор PL/pgSQL вида SELECT i + 1 INTO j будет представлен в тексте как SELECT i + $2.

Текст, представляющий запрос, сохраняется во внешнем файле на диске и не занимает разделяемую память. Поэтому даже очень объёмный текст запроса может быть сохранён успешно. Однако если в файле накапливается много длинных текстов запросов, он может вырасти до неудобоваримого размера. В качестве решения этой проблемы, pg_stat_statements может решить стереть текст запросов, и в результате во всех существующих записях в представлении pg_stat_statements в поле query окажутся значения NULL, хотя статистика, связанная с каждым queryid будет сохранена. Если это происходит и мешает анализу, возможно, стоит уменьшить pg_stat_statements.max для предотвращения таких ситуаций.

Показатели plans и calls не обязательно должны совпадать, так как статистика планирования и выполнения обновляется в конце соответствующей фазы и только при успешном завершении этой фазы. Например, если для оператора успешно выполнилось планирование, но во время выполнения произошла ошибка, изменится только статистика планирования. Если же планирование пропускается по причине использования кешированного плана, увеличивается только счётчик выполнения.

F.29.2. Функции

`pg_stat_statements_reset(userid Oid, dbid Oid, queryid bigint) returns void`

Функция `pg_stat_statements_reset` очищает всю статистику, собранную к этому времени модулем `pg_stat_statements` для заданного пользователя (`userid`), базы данных (`dbid`) и запроса (`queryid`). В случае отсутствия одного из параметров для него подразумевается нулевое значение (неприменимое ограничение) и очищается статистика, соответствующая другим параметрам. Если никакой параметр не задан или все параметры имеют нулевое значение (неприменимое), очищается вся статистика. По умолчанию эту функцию могут выполнять только суперпользователи. Другим пользователям можно дать доступ к ней, используя `GRANT`.

`pg_stat_statements(showtext boolean) returns setof record`

Представление `pg_stat_statements` реализовано на базе функции, которая тоже называется `pg_stat_statements`. Клиенты могут вызывать функцию `pg_stat_statements` непосредственно, и могут указать `showtext := false` и получить результат без текста запроса (то есть, выходной аргумент (`OUT`), соответствующий столбцу представления `query`, будет содержать NULL). Эта возможность предназначена для поддержки внешних инструментов, для которых желательно избежать издержек, связанных с получением текстов запросов неопределённой длины. Такие инструменты могут кешировать текст первого запроса, который они получат самостоятельно, как это и делает `pg_stat_statements`, а затем запрашивать тексты запросов только при необходимости. Так как сервер сохраняет тексты запросов в файле, этот подход сокращает объём физического ввода/вывода, порождаемого при постоянном обращении к данным `pg_stat_statements`.

F.29.3. Параметры конфигурации

`pg_stat_statements.max` (`integer`)

Параметр `pg_stat_statements.max` задаёт максимальное число операторов, отслеживаемых модулем (то есть, максимальное число строк в представлении `pg_stat_statements`). Когда на обработку поступает больше, чем заданное число различных операторов, информация о редко выполняемых операторах отбрасывается. Значение по умолчанию — 5000. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`pg_stat_statements.track` (`enum`)

Параметр `pg_stat_statements.track` определяет, какие операторы будут отслеживаться модулем. Со значением `top` отслеживаются операторы верхнего уровня (те, что непосредственно выполняются клиентами), со значением `all` также отслеживаются вложенные операторы (например, операторы, вызываемые внутри функций), а значение `none` полностью отключает сбор статистики по операторам. Значение по умолчанию — `top`. Изменять этот параметр могут только суперпользователи.

`pg_stat_statements.track_utility` (`boolean`)

Параметр `pg_stat_statements.track_utility` определяет, будет ли этот модуль отслеживать служебные команды. Служебными командами считаются команды, отличные от `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Значение по умолчанию — `on` (вкл.). Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`pg_stat_statements.track_planning` (`boolean`)

Параметр `pg_stat_statements.track_planning` определяет, будет ли этот модуль отслеживать операции планирования и их длительность. Включение этого параметра может привести к заметному снижению производительности, особенно когда во множестве одновременных сеансов выполняются операторы с одинаковой структурой запросов, в результате чего эти сеансы пытаются одновременно изменить одни и те же записи в `pg_stat_statements`. Значение по умолчанию — `off` (выкл.). Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

pg_stat_statements.save (boolean)

Параметр pg_stat_statements.save определяет, должна ли статистика операторов сохраняться после перезагрузки сервера. Если он отключён (имеет значение off), статистика не сохраняется при остановке сервера и не перезагружается при запуске. Значение по умолчанию — on (вкл.). Этот параметр можно задать только в postgresql.conf или в командной строке сервера.

Этому модулю требуется дополнительная разделяемая память в объёме, пропорциональном pg_stat_statements.max. Заметьте, что эта память будет занята при загрузке модуля, даже если pg_stat_statements.track имеет значение none.

Эти параметры должны задаваться в postgresql.conf. Обычное использование выглядит так:

```
# postgresql.conf
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements'

pg_stat_statements.max = 10000
pg_stat_statements.track = all
```

F.29.4. Пример вывода

```
bench=# SELECT pg_stat_statements_reset();

$ pgbench -i bench
$ pgbench -c10 -t300 bench

bench=# \x
bench=# SELECT query, calls, total_exec_time, rows, 100.0 * shared_blks_hit /
               nullif(shared_blks_hit + shared_blks_read, 0) AS hit_percent
          FROM pg_stat_statements ORDER BY total_exec_time DESC LIMIT 5;
-[ RECORD 1 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + $1 WHERE bid = $2
calls           | 3000
total_exec_time | 25565.855387
rows            | 3000
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 2 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + $1 WHERE tid = $2
calls           | 3000
total_exec_time | 20756.669379
rows            | 3000
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 3 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | copy pgbench_accounts from stdin
calls           | 1
total_exec_time | 291.865911
rows            | 100000
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 4 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + $1 WHERE aid = $2
calls           | 3000
total_exec_time | 271.232977
rows            | 3000
hit_percent     | 98.8454011741682975
-[ RECORD 5 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | alter table pgbench_accounts add primary key (aid)
calls           | 1
total_exec_time | 160.588563
rows            | 0
hit_percent     | 100.0000000000000000
```

```
bench=# SELECT pg_stat_statements_reset(0,0,s.queryid) FROM pg_stat_statements AS s
            WHERE s.query = 'UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + $1 WHERE
 bid = $2';

bench=# SELECT query, calls, total_exec_time, rows, 100.0 * shared_blks_hit /
               nullif(shared_blks_hit + shared_blks_read, 0) AS hit_percent
          FROM pg_stat_statements ORDER BY total_exec_time DESC LIMIT 5;
-[ RECORD 1 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + $1 WHERE tid = $2
calls           | 3000
total_exec_time | 20756.669379
rows            | 3000
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 2 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | copy pgbench_accounts from stdin
calls           | 1
total_exec_time | 291.865911
rows            | 100000
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 3 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + $1 WHERE aid = $2
calls           | 3000
total_exec_time | 271.232977
rows            | 3000
hit_percent     | 98.8454011741682975
-[ RECORD 4 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | alter table pgbench_accounts add primary key (aid)
calls           | 1
total_exec_time | 160.588563
rows            | 0
hit_percent     | 100.0000000000000000
-[ RECORD 5 ]---+--------------------------------------------------------------------
query           | vacuum analyze pgbench_accounts
calls           | 1
total_exec_time | 136.448116
rows            | 0
hit_percent     | 99.9201915403032721

bench=# SELECT pg_stat_statements_reset(0,0,0);

bench=# SELECT query, calls, total_exec_time, rows, 100.0 * shared_blks_hit /
               nullif(shared_blks_hit + shared_blks_read, 0) AS hit_percent
          FROM pg_stat_statements ORDER BY total_exec_time DESC LIMIT 5;
-[ RECORD 1 ]---+-----------------------------------------------------
---------------------------
query           | SELECT pg_stat_statements_reset(0,0,0)
calls           | 1
total_exec_time | 0.189497
rows            | 1
hit_percent     |
-[ RECORD 2 ]---+-----------------------------------------------------
---------------------------
query           | SELECT query, calls, total_exec_time, rows, $1 * shared_blks_hit /
       +
                |                nullif(shared_blks_hit + shared_blks_read, $2) AS
 hit_percent+
```

```
                 |          FROM pg_stat_statements ORDER BY total_exec_time DESC LIMIT
 $3
calls            | 0
total_exec_time  | 0
rows             | 0
hit_percent      |
```

F.29.5. Авторы

Такахиро Итагаки <itagaki.takahiro@oss.ntt.co.jp>. Нормализацию запросов добавил Питер Гейган <peter@2ndquadrant.com>.

F.30. pgstattuple

Модуль pgstattuple предоставляет различные функции для получения статистики на уровне кортежей.

Так как эти функции возвращают подробную информацию, относящуюся к уровню страницы, доступ к ним по умолчанию ограничен. Право EXECUTE для них имеет только роль pg_stat_scan_tables. Разумеется, суперпользователи могут обойти это ограничение. После того как это расширение установлено, можно поменять права доступа к этим функциям командами GRANT и разрешить их выполнение другим пользователям. Однако предпочтительнее будет добавить этих пользователей в роль pg_stat_scan_tables.

F.30.1. Функции

pgstattuple(regclass) returns record

Функция pgstattuple возвращает физическую длину отношения, процент «мёртвых» кортежей и другую информацию. Она может быть полезна для принятия решения о необходимости очистки. В аргументе передаётся имя (возможно, дополненное схемой) или OID целевого отношения. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstattuple('pg_catalog.pg_proc');
-[ RECORD 1 ]------+-------
table_len          | 458752
tuple_count        | 1470
tuple_len          | 438896
tuple_percent      | 95.67
dead_tuple_count   | 11
dead_tuple_len     | 3157
dead_tuple_percent | 0.69
free_space         | 8932
free_percent       | 1.95
```

Столбцы результата описаны в Таблице F.22.

Таблица F.22. Столбцы результата pgstattuple

Столбец	Тип	Описание
table_len	bigint	Физическая длина отношения в байтах
tuple_count	bigint	Количество «живых» кортежей
tuple_len	bigint	Общая длина «живых» кортежей в байтах
tuple_percent	float8	Процент «живых» кортежей
dead_tuple_count	bigint	Количество «мёртвых» кортежей

Столбец	Тип	Описание
dead_tuple_len	bigint	Общая длина «мёртвых» кортежей в байтах
dead_tuple_percent	float8	Процент «мёртвых» кортежей
free_space	bigint	Общий объём свободного пространства в байтах
free_percent	float8	Процент свободного пространства

> **Примечание**
>
> Значение `table_len` всегда будет больше суммы `tuple_len`, `dead_tuple_len` и `free_space`. Разница объясняется фиксированными издержками, внутристраничной таблицей указателей на кортежи и пропусками, добавляемыми для выравнивания кортежей.

Функция `pgstattuple` получает блокировку отношения только для чтения. Таким образом, её результаты отражают не мгновенный снимок; на них будут влиять параллельные изменения.

`pgstattuple` считает кортеж «мёртвым», если `HeapTupleSatisfiesDirty` возвращает false.

`pgstattuple(text) returns record`

Эта функция равнозначна функции `pgstattuple(regclass)` за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

`pgstatindex(regclass) returns record`

Функция `pgstatindex` возвращает запись с информацией об индексе типа B-дерево. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstatindex('pg_cast_oid_index');
-[ RECORD 1 ]------+------
version            | 2
tree_level         | 0
index_size         | 16384
root_block_no      | 1
internal_pages     | 0
leaf_pages         | 1
empty_pages        | 0
deleted_pages      | 0
avg_leaf_density   | 54.27
leaf_fragmentation | 0
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии B-дерева
tree_level	integer	Уровень корневой страницы в дереве
index_size	bigint	Общий объём индекса в байтах
root_block_no	bigint	Расположение страницы корня (0, если её нет)
internal_pages	bigint	Количество «внутренних» страниц (верхнего уровня)

Столбец	Тип	Описание
leaf_pages	bigint	Количество страниц на уровне листьев
empty_pages	bigint	Количество пустых страниц
deleted_pages	bigint	Количество удалённых страниц
avg_leaf_density	float8	Средняя плотность страниц на уровне листьев
leaf_fragmentation	float8	Фрагментация на уровне листьев

Выдаваемый размер индекса (`index_size`) обычно вычисляется по формуле `internal_pages + leaf_pages + empty_pages + deleted_pages` плюс одна страница, так как в нём учитывается и метастраница индекса.

Как и `pgstattuple`, эта функция собирает данные страница за страницей и не следует ожидать, что её результат представляет мгновенный снимок всего индекса.

`pgstatindex(text) returns record`

Эта функция равнозначна функции `pgstatindex(regclass)` за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

`pgstatginindex(regclass) returns record`

Функция `pgstatginindex` возвращает запись с информацией об индексе типа GIN. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstatginindex('test_gin_index');
-[ RECORD 1 ]--+--
version        | 1
pending_pages  | 0
pending_tuples | 0
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии GIN
pending_pages	integer	Количество страниц в списке ожидающих обработки
pending_tuples	bigint	Количество кортежей в списке ожидающих обработки

`pgstathashindex(regclass) returns record`

Функция `pgstathashindex` возвращает запись с информацией о хеш-индексе. Например:

```
test=> select * from pgstathashindex('con_hash_index');
-[ RECORD 1 ]--+-----------------
version        | 4
bucket_pages   | 33081
overflow_pages | 0
bitmap_pages   | 1
unused_pages   | 32455
live_items     | 10204006
dead_items     | 0
free_percent   | 61.8005949100872
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии HASH
bucket_pages	bigint	Количество страниц групп
overflow_pages	bigint	Количество страниц переполнения
bitmap_pages	bigint	Количество страниц битовой карты
unused_pages	bigint	Количество неиспользованных страниц
live_items	bigint	Количество «живых» кортежей
dead_tuples	bigint	Количество «мёртвых» кортежей
free_percent	float	Процент свободного пространства

`pg_relpages(regclass) returns bigint`

Функция `pg_relpages` возвращает число страниц в отношении.

`pg_relpages(text) returns bigint`

Эта функция равнозначна функции `pg_relpages(regclass)` за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

`pgstattuple_approx(regclass) returns record`

Функция `pgstattuple_approx` является более быстрой альтернативой `pgstattuple`, возвращающей приблизительные результаты. В качестве аргумента ей передаётся имя или OID целевого отношения. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstattuple_approx('pg_catalog.pg_proc'::regclass);
-[ RECORD 1 ]--------+-------
table_len            | 573440
scanned_percent      | 2
approx_tuple_count   | 2740
approx_tuple_len     | 561210
approx_tuple_percent | 97.87
dead_tuple_count     | 0
dead_tuple_len       | 0
dead_tuple_percent   | 0
approx_free_space    | 11996
approx_free_percent  | 2.09
```

Выходные столбцы описаны в Таблице F.23.

Тогда как `pgstattuple` всегда производит полное сканирование таблицы и возвращает точное число живых и мёртвых кортежей (и их размер), а также точный объём свободного пространства, функция `pgstattuple_approx` пытается избежать полного сканирования и возвращает точную статистику только по мёртвым кортежам, а количество и объём живых кортежей, как и объём свободного пространства определяет приблизительно.

Она делает это, пропуская страницы, в которых, согласно карте видимости, есть только видимые кортежи (если для страницы установлен соответствующий бит, предполагается, что она не содержит мёртвых кортежей). Для таких страниц эта функция узнаёт объём свободного пространства из карты свободного пространства и предполагает, что остальное пространство на странице занято живыми кортежами.

На страницах, которые нельзя пропустить, она сканирует каждый кортеж, отражает его наличие и размер в соответствующих счётчиках и суммирует свободное пространство на странице. В конце она оценивает приблизительно общее число живых кортежей, исходя из числа просканированных страниц и кортежей (так же, как VACUUM рассчитывает значение pg_class.reltuples).

Таблица F.23. Столбцы результата `pgstattuple_approx`

Столбец	Тип	Описание
`table_len`	`bigint`	Физическая длина отношения в байтах (точная)
`scanned_percent`	`float8`	Просканированный процент таблицы
`approx_tuple_count`	`bigint`	Количество «живых» кортежей (приблизительное)
`approx_tuple_len`	`bigint`	Общая длина «живых» кортежей в байтах (приблизительная)
`approx_tuple_percent`	`float8`	Процент «живых» кортежей
`dead_tuple_count`	`bigint`	Количество «мёртвых» кортежей (точное)
`dead_tuple_len`	`bigint`	Общая длина «мёртвых» кортежей в байтах (точная)
`dead_tuple_percent`	`float8`	Процент «мёртвых» кортежей
`approx_free_space`	`bigint`	Общий объём свободного пространства в байтах (приблизительный)
`approx_free_percent`	`float8`	Процент свободного пространства

В показанном выше выводе показатели свободного пространства могут не соответствовать выводу `pgstattuple` в точности, потому что карта свободного пространства показывает верное значение, но не гарантируется, что оно будет точным до байта.

F.30.2. Авторы

Тацуо Исии, Сатоши Нагаясу и Абхиджит Менон-Сен

F.31. pg_trgm

Модуль `pg_trgm` предоставляет функции и операторы для определения схожести алфавитно-цифровых строк на основе триграмм, а также классы операторов индексов, поддерживающие быстрый поиск схожих строк.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.31.1. Понятия, связанные с триграммами (или триграфами)

Триграмма — это группа трёх последовательных символов, взятых из строки. Мы можем измерить схожесть двух строк, подсчитав число триграмм, которые есть в обеих. Эта простая идея оказывается очень эффективной для измерения схожести слов на многих естественных языках.

Примечание

pg_trgm, извлекая триграммы из строк, игнорирует символы, не относящиеся к словам (не алфавитно-цифровые). При выделении триграмм, содержащихся в строке, считается, что перед каждым словом находятся два пробела, а после — один пробел. Например, из строки «cat» выделяется набор триграмм: « c», « ca», «cat» и «at ». Из строки «foo|bar» выделяются триграммы: « f», « fo», «foo», «oo », « b», « ba», «bar» и «ar ».

F.31.2. Функции и операторы

Реализованные в модуле pg_trgm функции перечислены в Таблице F.24, а операторы — в Таблице F.25.

Таблица F.24. Функции pg_trgm

Функция Описание
similarity (text, text) → real Возвращает число, показывающее, насколько близки два аргумента. Диапазон результатов — от нуля (это значение указывает, что две строки полностью различны) до одного (это значение указывает, что две строки идентичны).
show_trgm (text) → text[] Возвращает массив всех триграмм в заданной строке. (На практике это редко бывает полезно, кроме как для отладки.)
word_similarity (text, text) → real Возвращает число, представляющее наибольшую степень схожести между набором триграмм в первой строке и любым непрерывным фрагментом упорядоченного набора триграмм во второй строке. Подробнее об этом рассказывается ниже.
strict_word_similarity (text, text) → real Подобна word_similarity , но подгоняет границы фрагментов к границам слов. Так как триграммы не пересекают слова, эта функция фактически выдаёт наибольшую степень схожести между первой строкой и любой непрерывной последовательностью слов во второй строке.
show_limit () → real Возвращает текущий порог схожести, который использует оператор %. Это значение задаёт минимальную схожесть между двумя словами, при которой они считаются настолько близкими, что одно может быть, например, ошибочным написанием другого (*Устаревшая* функция; используйте вместо неё SHOW pg_trgm.similarity_threshold .)
set_limit (real) → real Задаёт текущий порог схожести, который использует оператор %. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.3). Возвращает то же значение, что было передано на вход. (*Устаревшая* функция; используйте вместо неё SET pg_trgm.similarity_threshold .)

Рассмотрим следующий пример:

```
# SELECT word_similarity('word', 'two words');
 word_similarity
-----------------
             0.8
(1 row)
```

Набор триграмм для первой строки: {" w"," wo","wor","ord","rd "}. Во второй строке упорядоченный набор триграмм: {" t"," tw","two","wo "," w"," wo","wor","ord","rds","ds "}.

Наиболее близкий фрагмент упорядоченного множества триграмм во второй строке: `{"  w"," wo","wor","ord"}`, а коэффициент схожести равен `0.8`.

Эта функция возвращает значение, которое можно примерно воспринимать как максимальную оценку схожести первой строки с любой подстрокой второй строки. Данная функция не добавляет пробелы к границам фрагмента, поэтому совпадение с отдельным словом оценивается выше, чем совпадение с частью слова.

При этом `strict_word_similarity` выбирает последовательность слов во второй строке. В показанном выше примере `strict_word_similarity` выберет последовательность из одного слова `'words'`, которой соответствуют триграммы `{"  w"," wo","wor","ord","rds","ds "}`.

```
# SELECT strict_word_similarity('word', 'two words'), similarity('word', 'words');
 strict_word_similarity | similarity
------------------------+------------
               0.571429 |   0.571429
(1 row)
```

Таким образом, функция `strict_word_similarity` полезна для определения схожести целых слов, а `word_similarity` больше подходит для определения схожести частей слов.

Таблица F.25. Операторы `pg_trgm`

Оператор **Описание**
`text % text → boolean` Возвращает `true`, если схожесть аргументов выше текущего порога, заданного параметром `pg_trgm.similarity_threshold` .
`text <% text → boolean` Возвращает `true`, если схожесть между набором триграмм в первом аргументе и непрерывным фрагментом упорядоченного набора триграмм во втором превышает уровень схожести, устанавливаемый параметром `pg_trgm.word_similarity_threshold` .
`text %> text → boolean` Коммутирующий оператор для `<%`.
`text <<% text → boolean` Возвращает `true`, если во втором аргументе имеется непрерывный фрагмент упорядоченного набора триграмм, соответствующего границам слов, и его схожесть с набором триграмм первого аргумента превышает уровень схожести, устанавливаемый параметром `pg_trgm.strict_word_similarity_threshold` .
`text %>> text → boolean` Коммутирующий оператор для `<<%`.
`text <-> text → real` Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение `similarity()` .
`text <<-> text → real` Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение `word_similarity()` .
`text <->> text → real` Коммутирующий оператор для `<<->`.
`text <<<-> text → real` Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение `strict_word_similarity()` .
`text <->>> text → real`

Оператор Описание
Коммутирующий оператор для `<<<->`.

F.31.3. Параметры GUC

`pg_trgm.similarity_threshold` (`real`)

Задаёт текущий порог схожести, который использует оператор `%`. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.3).

`pg_trgm.word_similarity_threshold` (`real`)

Задаёт текущий порог схожести слов, который используют операторы `<%` и `%>`. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.6).

`pg_trgm.strict_word_similarity_threshold` (`real`)

Задаёт текущий порог схожести строго слов, который используют операторы `<<%` и `%>>`. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.5).

F.31.4. Поддержка индексов

Модуль `pg_trgm` предоставляет классы операторов индексов GiST и GIN, позволяющие создавать индекс по текстовым столбцам для очень быстрого поиска по критерию схожести. Эти типы индексов поддерживают вышеописанные операторы схожести и дополнительно поддерживают поиск на основе триграмм для запросов с `LIKE`, `ILIKE`, `~` и `~*`. (Эти индексы не поддерживают простые операторы сравнения и равенства, так что вам может понадобиться и обычный индекс-B-дерево.)

Пример:

```
CREATE TABLE test_trgm (t text);
CREATE INDEX trgm_idx ON test_trgm USING GIST (t gist_trgm_ops);
```

или

```
CREATE INDEX trgm_idx ON test_trgm USING GIN (t gin_trgm_ops);
```

Класс операторов GiST `gist_trgm_ops` аппроксимирует набор триграмм в виде сигнатуры битовой карты. В его необязательном целочисленном параметре `siglen` можно задать размер сигнатуры в байтах. Параметр может принимать значения от 1 до 2024, по умолчанию он равен 12. При увеличении размера сигнатуры поиск работает точнее (сканируется меньшая область в индексе и меньше страниц кучи), но сам индекс становится больше.

Пример создания такого индекса с длиной сигнатуры 32 байта:

```
CREATE INDEX trgm_idx ON test_trgm USING GIST (t gist_trgm_ops(siglen=32));
```

На этот момент у вас будет индекс по столбцу `t`, используя который можно осуществлять поиск по схожести. Пример типичного запроса:

```
SELECT t, similarity(t, 'слово') AS sml
  FROM test_trgm
  WHERE t % 'слово'
  ORDER BY sml DESC, t;
```

Он выдаст все значения в текстовом столбце, которые достаточно схожи со словом *word*, в порядке сортировки от наиболее к наименее схожим. Благодаря использованию индекса, эта операция будет быстрой даже с очень большими наборами данных.

Другой вариант предыдущего запроса:

```
SELECT t, t <-> 'слово' AS dist
  FROM test_trgm
```

```
  ORDER BY dist LIMIT 10;
```

Он может быть довольно эффективно выполнен с применением индексов GiST, а не GIN. Обычно он выигрышнее первого варианта только когда требуется получить небольшое количество близких совпадений.

Также вы можете использовать индекс по столбцу t для оценки схожести слов условных и оценки схожести слов в строгом смысле. Примеры типичных запросов:

```
SELECT t, word_similarity('слово', t) AS sml
  FROM test_trgm
  WHERE 'слово' <% t
  ORDER BY sml DESC, t;
```

и

```
SELECT t, strict_word_similarity('слово', t) AS sml
  FROM test_trgm
  WHERE 'слово' <<% t
  ORDER BY sml DESC, t;
```

В результате будут возвращены все значения в текстовом столбце, для которых найдется непрерывный фрагмент в упорядоченном наборе триграмм, достаточно схожий с набором триграмм строки *слово*. Данные значения будут отсортированы по порядку от наиболее к наименее схожим. Этот индекс позволит ускорить поиск даже с очень большим объёмом данных.

Другие возможные варианты предыдущих запросов:

```
SELECT t, 'слово' <<-> t AS dist
  FROM test_trgm
  ORDER BY dist LIMIT 10;
```

и

```
SELECT t, 'слово' <<<-> t AS dist
  FROM test_trgm
  ORDER BY dist LIMIT 10;
```

Они могут быть довольно эффективно выполнены с применением индексов GiST, а не GIN.

Начиная с PostgreSQL 9.1, эти типы индексов также поддерживают поиск с операторами LIKE и ILIKE, например:

```
SELECT * FROM test_trgm WHERE t LIKE '%foo%bar';
```

При таком поиске по индексу сначала из искомой строки извлекаются триграммы, а затем они ищутся в индексе. Чем больше триграмм оказывается в искомой строке, тем более эффективным будет поиск по индексу. В отличие от поиска по B-дереву, искомая строка не должна привязываться к левому краю.

Начиная с PostgreSQL 9.3, индексы этих типов также поддерживают поиск по регулярным выражениям (операторы ~ и ~*), например:

```
SELECT * FROM test_trgm WHERE t ~ '(foo|bar)';
```

При таком поиске из регулярного выражения извлекаются триграммы, а затем они ищутся в индексе. Чем больше триграмм удаётся извлечь из регулярного выражения, тем более эффективным будет поиск по индексу. В отличие от поиска по B-дереву, искомая строка не должна привязываться к левому краю.

Относительно поиска по регулярному выражению или с LIKE, имейте в виду, что при отсутствии триграмм в искомом шаблоне поиск сводится к полному сканирования индекса.

Выбор между индексами GiST и GIN зависит от относительных характеристик производительности GiST и GIN, которые здесь не рассматриваются.

F.31.5. Интеграция с текстовым поиском

Сопоставление триграмм — очень полезный приём в сочетании с применением полнотекстового индекса. В частности это может помочь найти слова, написанные неправильно, которые не будут находиться непосредственно механизмом полнотекстового поиска.

В первую очередь нужно построить дополнительную таблицу, содержащую все уникальные слова в документе:

```
CREATE TABLE words AS SELECT word FROM
        ts_stat('SELECT to_tsvector(''simple'', bodytext) FROM documents');
```

Здесь `documents` — это таблица с текстовым полем `bodytext`, по которому мы будем выполнять поиск. Конфигурация `simple` используется с функцией `to_tsvector` вместо конфигурации для определённого языка по той причине, что нам нужен список исходных (необработанных стеммером) слов.

Затем нужно создать индекс триграмм по столбцу со словами:

```
CREATE INDEX words_idx ON words USING GIN (word gin_trgm_ops);
```

Теперь мы можем использовать запрос `SELECT`, подобный показанному в предыдущем примере, и предлагать варианты исправлений слов, введённых пользователем с ошибками. Кроме того, может быть полезно дополнительно проверить, что выбранные слова также имеют длину, примерно равную длине ошибочных слов.

> **Примечание**
>
> Так как таблица `words` была сформирована как отдельная статическая таблица, её нужно периодически обновлять, чтобы она достаточно хорошо соответствовала набору документов. Постоянно поддерживать её в полностью актуальном состоянии обычно не требуется.

F.31.6. Ссылки

Сайт разработки GiST *http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/*

Сайт разработки Tsearch2 *http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/tsearch/V2/*

F.31.7. Авторы

Олег Бартунов `<oleg@sai.msu.su>`, Москва, Московский Государственный Университет, Россия

Фёдор Сигаев `<teodor@sigaev.ru>`, Москва, ООО «Дельта-Софт», Россия

Александр Коротков `<a.korotkov@postgrespro.ru>`, Москва, Postgres Professional, Россия

Документация: Кристофер Кингс-Линн

Разработку этого модуля спонсировало ООО «Дельта-Софт», г. Москва, Россия.

F.32. pg_visibility

Модуль `pg_visibility` даёт возможность исследовать для определённой таблицы карту видимости (Visibility Map, VM) и информацию о видимости на уровне страниц. Он также предоставляет функции для проверки целостности карты видимости и принудительного её пересоздания.

Для хранения информации о видимости на уровне страниц применяются по три различных бита. Бит полной видимости в карте показывает, что каждый кортеж в соответствующей странице отношения является видимым для всех текущих и будущих транзакций. Бит полной заморозки в карте видимости показывает, что все кортежи в данной странице являются замороженными; то есть никакой операции очистки в будущем не придётся обрабатывать эту страницу, пока в ней не будет добавлен, изменён, удалён или заблокирован кортеж. Бит PD_ALL_VISIBLE в заголовке страницы имеет то же значение, что и бит полной видимости в карте видимости, но он хранится в самой странице данных, а не в отдельной структуре данных. В обычной ситуации эти два бита будут согласованы, но бит полной видимости в странице иногда может быть установлен, тогда как в карте видимости он оказывается сброшенным при восстановлении после сбоя. Считываемые значения могут также различаться, если они подвергаются изменению в промежутке между обращениями pg_visibility к карте видимости и к странице данных. Разумеется, эти биты также могут различаться при событиях, приводящих к разрушению данных.

Функции, выдающие информацию о битах PD_ALL_VISIBLE, более дорогостоящие, чем те, что обращаются только к карте видимости, так как они должны читать блоки отношения, а не только карту видимости (которая намного меньше). Дорогостоящими являются также и функции, проверяющие блоки данных отношения.

F.32.1. Функции

pg_visibility_map(relation regclass, blkno bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean) returns record

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для указанного блока заданного отношения.

pg_visibility(relation regclass, blkno bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean, pd_all_visible OUT boolean) returns record

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для указанного блока заданного отношения, а также бит PD_ALL_VISIBLE этого блока.

pg_visibility_map(relation regclass, blkno OUT bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean) returns setof record

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для каждого блока заданного отношения.

pg_visibility(relation regclass, blkno OUT bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean, pd_all_visible OUT boolean) returns setof record

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для каждого блока заданного отношения, а также бит PD_ALL_VISIBLE каждого блока.

pg_visibility_map_summary(relation regclass, all_visible OUT bigint, all_frozen OUT bigint) returns record

Возвращает число полностью видимых страниц и полностью замороженных страниц в отношении, согласно карте видимости.

pg_check_frozen(relation regclass, t_ctid OUT tid) returns setof tid

Возвращает идентификаторы TID незамороженных кортежей в страницах, помеченных как полностью замороженные в карте видимости. Если эта функция возвращает непустой набор TID, карта видимости испорчена.

pg_check_visible(relation regclass, t_ctid OUT tid) returns setof tid

Возвращает идентификаторы TID не полностью видимых кортежей в страницах, помеченных как полностью видимые в карте видимости. Если эта функция возвращает непустой набор TID, карта видимости испорчена.

pg_truncate_visibility_map(relation regclass) returns void

Аннулирует карту видимости для заданного отношения. Эта функция полезна, если вы считаете, что карта видимости для указанного отношения испорчена, и хотите принудительно пересоздать её. Первая же команда VACUUM, выполняемая с данным отношением после этой функции, просканирует все страницы в отношении и пересоздаст карту видимости. (Пока это не произойдёт, для запросов карта видимости будет выглядеть как полностью нулевая.)

По умолчанию эти функции разрешено выполнять только суперпользователям и членам роли pg_stat_scan_tables, за исключением pg_truncate_visibility_map(relation regclass), которую могут выполнять только суперпользователи.

F.32.2. Автор

Роберт Хаас <rhaas@postgresql.org>

F.33. postgres_fdw

Модуль postgres_fdw предоставляет обёртку сторонних данных postgres_fdw, используя которую можно обращаться к данным, находящимся на внешних серверах PostgreSQL.

Функциональность этого модуля во многом пересекается с функциональностью старого модуля dblink. Однако postgres_fdw предоставляет более прозрачный и стандартизированный синтаксис для обращения к удалённым таблицам и во многих случаях даёт лучшую производительность.

Чтобы подготовиться к обращению к удалённым данным через postgres_fdw:

1. Установите расширение postgres_fdw с помощью команды CREATE EXTENSION.
2. Создайте объект стороннего сервера, используя CREATE SERVER, который будет представлять удалённую базу данных, к которой вы хотите подключаться. Укажите свойства подключения, кроме user и password, в параметрах объекта сервера.
3. Создайте сопоставление пользователей, используя CREATE USER MAPPING, для каждого пользователя базы, которому нужен доступ к удалённому серверу. Укажите имя и пароль удалённого пользователя в параметрах user и password сопоставления.
4. Создайте стороннюю таблицу, используя CREATE FOREIGN TABLE или IMPORT FOREIGN SCHEMA, для каждой удалённой таблицы, к которой вы хотите обращаться. Столбцы сторонней таблицы должны соответствовать столбцам целевой удалённой таблицы. Однако вы можете использовать локально имена таблиц и/или столбцов, отличные от удалённых, если укажете корректные удалённые имена в параметрах объекта сторонней таблицы.

После этого для обращения к данным, хранящимся в нижележащей удалённой таблице, вам нужно только выполнять SELECT. Вы также можете изменять данные в удалённой таблице, выполняя INSERT, UPDATE, DELETE или COPY. (Разумеется, удалённый пользователь, указанный в сопоставлении, должен иметь необходимые права для этого.)

Заметьте, что в настоящее время в postgres_fdw не поддерживаются операторы INSERT с предложением ON CONFLICT DO UPDATE. Однако предложение ON CONFLICT DO NOTHING поддерживается, при отсутствии указания для выбора уникального индекса. Заметьте также, что postgres_fdw поддерживает перемещение строк, вызванное командами UPDATE, выполняемыми для секционированных таблиц. Однако в настоящее время невозможно выполнить изменение, при котором удалённая секция, выбранная для добавления перемещаемой строки, также является целевой секцией для UPDATE и должна модифицироваться позже той же командой.

Обычно рекомендуется объявлять столбцы сторонней таблицы точно с теми же типами данных и правилами сортировки, если они применимы, как у целевых столбцов удалённой таблицы. Хотя postgres_fdw в настоящее время довольно лоялен к преобразованиям типов данных при необходимости, но когда типы или правила сортировки не совпадают, возможны неожиданные семантические аномалии, вследствие того, что удалённый сервер будет обрабатывать условия запроса не так, как локальный сервер.

Заметьте, что сторонняя таблица может быть объявлена с меньшим количеством или с другим порядком столбцов, чем в нижележащей удалённой таблице. Сопоставление столбцов удалённой таблицы осуществляется по имени, а не по позиции.

F.33.1. Параметры обёртки для postgres_fdw

F.33.1.1. Параметры подключения

Для стороннего сервера, настраиваемого с использованием обёртки сторонних данных postgres_fdw, можно задать те же параметры, что принимает libpq в строках подключения, как описано в Подразделе 33.1.2, за исключением следующих параметров, которые не допускаются или обрабатывается по-другому:

- user, password и sslpassword (их следует задавать в сопоставлениях пользователей или в файле описания служб)
- client_encoding (автоматически принимается равной локальной кодировке сервера)
- fallback_application_name (всегда postgres_fdw)
- sslkey и sslcert могут задаваться в свойствах соединения и/или сопоставления пользователя. Если они задаются и там, и там, приоритет имеет свойство сопоставления пользователя.

Создавать и изменять сопоставления пользователей, устанавливающие параметр sslcert или sslkey, могут только суперпользователи.

Подключаться к сторонним серверам без аутентификации по паролю могут только суперпользователи, поэтому в сопоставлениях для обычных пользователей всегда нужно задавать пароль (password).

Суперпользователь может отключить проверку пароля на уровне сопоставления пользователя, установив параметр password_required 'false', например:

```
ALTER USER MAPPING FOR some_non_superuser SERVER loopback_nopw
OPTIONS (ADD password_required 'false');
```

Чтобы недоверенные пользователи не могли злоупотреблять правами пользователя, от имени которого работает сервер postgres, и повысить свои привилегии, изменять это свойство в сопоставлении пользователя разрешено только суперпользователю.

Позаботьтесь о том, чтобы через установленное сопоставление пользователь не мог подключиться к другой базе с правами суперпользователя, как в случаях CVE-2007-3278 и CVE-2007-6601. Не задавайте параметр password_required=false для роли public. Помните, что сопоставляемый пользователь имеет возможность использовать любые клиентские сертификаты, а также записи в файлах .pgpass, .pg_service.conf и т. п. в домашнем каталоге системного пользователя, от имени которого работает сервер postgres. Они также могут использовать отношения доверия, установленные режимами аутентификации, например peer или ident.

F.33.1.2. Параметры имени объекта

Эти параметры позволяют управлять тем, как на удалённый сервер PostgreSQL будут передаваться имена, фигурирующие в операторах SQL. Данные параметры нужны, когда сторонняя таблица создаётся с именами, отличными от имён удалённой таблицы.

schema_name

: Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы, указывает имя схемы для обращения к этой таблице на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется схема сторонней таблицы.

table_name

: Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы, указывает имя таблицы для обращения к этой таблице на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется имя сторонней таблицы.

column_name

: Этот параметр, который может задаваться для столбца сторонней таблицы, указывает имя столбца для обращения к этому столбцу на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется исходное имя столбца.

F.33.1.3. Параметры оценки стоимости

Модуль postgres_fdw получает удалённые данные, выполняя запросы на удалённых серверах, поэтому в идеале ожидаемая стоимость сканирования сторонней таблицы должна равняться стоимости выполнения на удалённом сервере плюс издержки сетевого взаимодействия. Самый надёжный способ получить такие оценки — узнать стоимость у удалённого сервера и добавить некоторую надбавку — но для простых запросов может быть невыгодно передавать дополнительный запрос, только чтобы получить оценку стоимости. Поэтому postgres_fdw предоставляет следующие параметры, позволяющие управлять вычислением оценки стоимости:

use_remote_estimate

Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы или для стороннего сервера, определяет, будет ли postgres_fdw выполнять удалённо команды EXPLAIN для получения оценок стоимости. Параметр, заданный для сторонней таблицы, переопределяет параметр сервера, но только для данной таблицы. Значение по умолчанию — false (выкл.).

fdw_startup_cost

Этот параметр, который может задаваться для стороннего сервера, устанавливает числовое значение, добавляемое к оценке стоимости запуска для любого сканирования сторонней таблицы на этом сервере. Он выражает дополнительные издержки на установление подключения, разбор и планирование запроса на удалённой стороне и т. д. Значение по умолчанию — 100.

fdw_tuple_cost

Этот параметр, который может задаваться для стороннего сервера, устанавливает числовое значение, выражающее дополнительную цену чтения одного кортежа из сторонней таблицы на этом сервере. Это число можно увеличить или уменьшить, отражая меньшую или большую фактическую скорость сетевого взаимодействия с удалённым сервером. Значение по умолчанию — 0.01.

Когда поведение use_remote_estimate включено, postgres_fdw получает количество строк и оценку стоимости с удалённого сервера, а затем добавляет к оценке стоимости fdw_startup_cost и fdw_tuple_cost. Когда поведение use_remote_estimate отключено, postgres_fdw рассчитывает число строк и оценку стоимости локально, а затем так же добавляет к этой оценке fdw_startup_cost и fdw_tuple_cost. Локальная оценка может быть точной только при условии наличия локальной копии статистики удалённых таблиц. Обновить эту статистику для сторонней таблицы можно с помощью команды ANALYZE; при этом удалённая таблица будет просканирована, и по её содержимому будут вычислена и сохранена статистика как для локальной таблицы. Локальное хранение статистики может быть полезно для сокращения издержек планирования для удалённой таблицы — но если удалённая таблица меняется часто, локальная статистика будет быстро устаревать.

F.33.1.4. Параметры удалённого выполнения

По умолчанию ограничения WHERE, содержащие встроенные операторы и функции, обрабатываются на удалённом сервере, а ограничения, содержащие вызовы не встроенных функций, проверяются локально после получения строк. Если же расширенные функции доступны на удалённом сервере и можно рассчитывать, что они дадут те же результаты, что и локально, производительность можно увеличить, передавая и такие предложения WHERE для удалённого выполнения. Этим поведением позволяет управлять следующий параметр:

extensions

В этом параметре задаётся список имён расширений PostgreSQL через запятую, которые установлены и имеют совместимые версии и на локальном, и на удалённом сервере. Относящиеся к перечисленным расширениям и при этом постоянные (immutable) функции и операторы могут передаваться на выполнение удалённому серверу. Этот параметр можно задать только для стороннего сервера, но не для таблицы.

При использовании параметра extensions *пользователь сам отвечает* за то, чтобы перечисленные расширения существовали и их поведение было одинаковым на локальном и удалённом сервере. В противном случае удалённые запросы могут выдавать ошибки или неожиданные результаты.

fetch_size

Этот параметр определяет, сколько строк должна получать postgres_fdw в одной операции выборки. Его можно задать для сторонней таблицы или стороннего сервера. Значение по умолчанию — 100 строк.

F.33.1.5. Параметры изменения данных

По умолчанию все сторонние таблицы, доступные через postgres_fdw, считаются допускающими изменения. Это можно переопределить с помощью следующего параметра:

updatable

Этот параметр определяет, будет ли postgres_fdw допускать изменения в сторонних таблицах посредством команд INSERT, UPDATE и DELETE. Его можно задать для сторонней таблицы или для стороннего сервера. Параметр, определённый на уровне таблицы, переопределяет параметр уровня сервера. Значение по умолчанию — true (изменения разрешены).

Конечно, если удалённая таблица на самом деле не допускает изменения, всё равно произойдёт ошибка. Использование этого параметра прежде всего позволяет выдать ошибку локально, не обращаясь к удалённому серверу. Заметьте, однако, что представление information_schema будет показывать, что определённая сторонняя таблица postgres_fdw является изменяемой (или нет), согласно значению данного параметра, не проверяя это на удалённом сервере.

F.33.1.6. Параметры импорта

Обёртка postgres_fdw позволяет импортировать определения сторонних таблиц с применением команды IMPORT FOREIGN SCHEMA. Эта команда создаёт на локальном сервере определения сторонних таблиц, соответствующие таблицам или представлениям, существующим на удалённом сервере. Если импортируемые удалённые таблицы содержат столбцы пользовательских типов данных, на локальном сервере должны быть совместимые типы с теми же именами.

Поведение процедуры импорта можно настроить следующими параметрами (задаваемыми в команде IMPORT FOREIGN SCHEMA):

import_collate

Этот параметр устанавливает, будут ли в определения сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться характеристики столбцов COLLATE. По умолчанию они включаются. Вам может потребоваться отключить его, если на удалённом сервере набор имён правил сортировки отличается от локального, что скорее всего будет иметь место, если серверы работают в разных операционных системах. Тем не менее отключение чревато тем, что правила сортировки в столбцах импортируемых таблиц не совпадут с правилами для нижележащих данных, что приведёт к аномальному поведению запросов.

Даже когда этот параметр равен true, импортировать столбцы с правилом сортировки, выбираемым на удалённом сервере по умолчанию, рискованно. Столбцы импортируются со свойством COLLATE "default", а в результате будет применяться правило сортировки, выбираемое по умолчанию на локальном сервере, которое может отличаться от выбираемого на удалённом.

import_default

Этот параметр устанавливает, будут ли в определения сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться заданные для столбцов выражения DEFAULT. По умолчанию они не включаются. Если вы включите этот параметр, остерегайтесь выражений по умолчанию, которые могут вычисляться на локальном сервере не так, как на удалённом; например, частый источник проблем — nextval(). Если в импортируемом выражении используются функции или операторы, несуществующие локально, команда IMPORT в целом выдаст сбой.

`import_generated`

Этот параметр определяет, включаются ли выражения генерируемых столбцов (`GENERATED`) в определения сторонних таблиц, импортируемых со стороннего сервера. Значение по умолчанию — `true`. Выполнение `IMPORT` завершится ошибкой, если в импортируемом генерирующем выражении используются функции или операторы, не существующие локально.

`import_not_null`

Этот параметр устанавливает, будут ли в определения сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться ограничения столбцов `NOT NULL`. По умолчанию они включаются.

Заметьте, что никакие другие ограничения, кроме `NOT NULL`, из удалённых таблиц импортироваться не будут. Хотя PostgreSQL поддерживает ограничения `CHECK` для сторонних таблиц, никаких средств для автоматического импорта их нет из-за риска различного вычисления выражения ограничения на локальном и удалённом серверах. Любая такая несогласованность в поведении ограничений `CHECK` могла бы привести к сложно выявляемым ошибкам в оптимизации запросов. Поэтому, если вы хотите импортировать ограничения `CHECK`, вы должны сделать это вручную и должны внимательно проверить семантику каждого. Более подробно интерпретация ограничений `CHECK` для сторонних таблиц описана в CREATE FOREIGN TABLE.

Таблицы или сторонние таблицы, являющиеся секциями некоторой другой таблицы, исключаются автоматически. Секционированные таблицы импортируются, только если они не являются секциями каких-либо других таблиц. Так как все данные могут быть доступны через секционированную таблицу, являющуюся вершиной в иерархии секционирования, при таком подходе должен быть возможен доступ ко всем данным без создания дополнительных объектов.

F.33.2. Управление соединением

Модуль `postgres_fdw` устанавливает соединение со сторонним сервером при первом запросе, в котором участвует сторонняя таблица, связанная со сторонним сервером. Это соединение сохраняется и повторно используется для последующих запросов в том же сеансе. Однако если для обращения к стороннему серверу задействуются разные пользователи (сопоставления пользователей), отдельное соединение устанавливается для каждого сопоставления пользователей.

F.33.3. Управление транзакциями

В процессе выполнения запроса, в котором участвуют какие-либо удалённые таблицы на стороннем сервере, `postgres_fdw` открывает транзакцию на удалённом сервере, если такая транзакция ещё не была открыта для текущей локальной транзакции. Эта удалённая транзакция фиксируется или прерывается, когда фиксируется или прерывается локальная транзакция. Подобным образом реализуется и управление точками сохранения.

Для удалённой транзакции выбирается режим изоляции `SERIALIZABLE`, когда локальная транзакция открыта в режиме `SERIALIZABLE`; в противном случае применяется режим `REPEATABLE READ`. Этот выбор гарантирует, что если запрос сканирует несколько таблиц на удалённом сервере, он будет получать согласованные данные одного снимка для всех сканирований. Как следствие, последовательные запросы в одной транзакции будут видеть одни данные удалённого сервера, даже если на нём параллельно происходят изменения, вызванные другими действиями. Это поведение ожидаемо для локальной транзакции в режимах `SERIALIZABLE` и `REPEATABLE READ`, но для локальной транзакции в режиме `READ COMMITTED` оно может быть неожиданным. В будущих выпусках PostgreSQL эти правила могут быть изменены.

Заметьте, что подготовку удалённой транзакции для двухфазной фиксации `postgres_fdw` в настоящее время не поддерживает.

F.33.4. Оптимизация удалённых запросов

Обёртка `postgres_fdw` пытается оптимизировать удалённые запросы, уменьшая объём обмена данными со сторонними серверами. Для этого она может передавать на выполнение удалённому серверу предложения WHERE и не получать столбцы таблицы, не требующиеся для текущего запроса. Чтобы уменьшить риск некорректного выполнения запросов, предложения WHERE передаются удалённому серверу, только если в них используются типы данных, операторы и функции, встроенные в ядро или относящиеся к расширениям, перечисленным в параметре extensions. Операторы и функции в таких предложениях также должны быть постоянными (IMMUTABLE). Для запросов UPDATE или DELETE обёртка postgres_fdw пытается оптимизировать выполнение, передавая весь запрос на удалённый сервер, если в запросе нет предложения WHERE, которое нельзя было бы передать, не выполняется локальное соединение, в целевой таблице отсутствуют хранимые генерируемые столбцы и локальные триггеры BEFORE/AFTER уровня строки, а в родительских представлениях нет ограничения CHECK OPTION. Кроме того, в запросах UPDATE выражения, присваиваемые целевым столбцам, должны задействовать только встроенные типы данных и постоянные (IMMUTABLE) операторы и функции, чтобы уменьшить риск неверного выполнения запроса.

Когда обёртка postgres_fdw обнаруживает соединение сторонних таблиц на одном стороннем сервере, она передаёт всё соединение этому серверу, если только по какой-то причине не решит, что будет эффективнее выбирать строки из каждой таблицы по отдельности, или сопоставляемые при обращении к таблицам пользователи оказываются разными. При передаче предложений JOIN принимаются те же меры предосторожности, что были описаны выше для предложений WHERE.

Запрос, фактически отправляемый удалённому серверу для выполнения, можно изучить с помощью команды EXPLAIN VERBOSE.

F.33.5. Окружение удалённого выполнения запросов

В удалённых сеансах, установленных обёрткой postgres_fdw, в параметре search_path задаётся только pg_catalog, так что без указания схемы видны только встроенные объекты. Это не проблема для запросов, которые генерирует сама postgres_fdw, так как она всегда добавляет такие указания. Однако это может быть опасно для функций, которые выполняются на удалённом сервере при срабатывании триггеров или правил для удалённых таблиц. Например, если удалённая таблица на самом деле представляет собой представление, любые функции, используемые в этом представлении, будут выполняться с таким ограниченным путём поиска. Поэтому рекомендуется в таких функциях дополнять схемой все имена либо добавлять параметры SET search_path (см. CREATE FUNCTION) в определения таких функций, чтобы установить ожидаемый ими путь поиска в окружении.

Обёртка postgres_fdw подобным образом устанавливает для удалённого сеанса различные параметры:

- TimeZone — UTC
- DateStyle — ISO
- IntervalStyle — postgres
- extra_float_digits принимает значение 3 для удалённых серверов версии 9.0 и новее либо 2 для более старых версий

С ними проблемы менее вероятны, чем с search_path, но если они возникнут, их можно урегулировать, установив нужные значения с помощью SET.

Это поведение *не* рекомендуется переопределять, устанавливая значения этих параметров на уровне сеанса; это скорее всего приведёт к поломке postgres_fdw.

F.33.6. Совместимость с разными версиями

Модуль postgres_fdw может применяться с удалёнными серверами версий, начиная с PostgreSQL 8.3. Способность только чтения данных доступна, начиная с 8.1. Однако при этом есть ограничение, вызванное тем, что postgres_fdw полагает, что постоянные встроенные функции и операторы могут безопасно передаваться на удалённый сервер для выполнения, если они фигурируют в предложении WHERE для сторонней таблицы. Таким образом, встроенная функция, добавленная в более новой версии, чем на удалённом сервере, может быть отправлена на выполнение, что в результате приведёт к ошибке «функция не существует» или подобной. Отказы такого типа можно предотвратить, переписав запрос, например, поместив ссылку на стороннюю таблицу во вложенный SELECT с OFFSET 0 в качестве защиты от оптимизации, и применив проблематичную функцию или оператор снаружи этого вложенного SELECT.

F.33.7. Примеры

Ниже приведён пример создания сторонней таблицы с применением postgres_fdw. Сначала установите расширение:

```
CREATE EXTENSION postgres_fdw;
```

Затем создайте сторонний сервер с помощью команды CREATE SERVER. В данном примере мы хотим подключиться к серверу PostgreSQL, работающему по адресу 192.83.123.89, порт 5432. База данных, к которой устанавливается подключение, на удалённом сервере называется foreign_db:

```
CREATE SERVER foreign_server
        FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw
        OPTIONS (host '192.83.123.89', port '5432', dbname 'foreign_db');
```

Для определения роли, которая будет задействована на удалённом сервере, с помощью CREATE USER MAPPING задаётся сопоставление пользователей:

```
CREATE USER MAPPING FOR local_user
        SERVER foreign_server
        OPTIONS (user 'foreign_user', password 'password');
```

Теперь можно создать стороннюю таблицу, применив команду CREATE FOREIGN TABLE. В этом примере мы хотим обратиться к таблице some_schema.some_table на удалённом сервере. Локальным именем этой таблицы будет foreign_table:

```
CREATE FOREIGN TABLE foreign_table (
        id integer NOT NULL,
        data text
)
        SERVER foreign_server
        OPTIONS (schema_name 'some_schema', table_name 'some_table');
```

Важно, чтобы типы данных и другие свойства столбцов, объявленных в CREATE FOREIGN TABLE, соответствовали фактической удалённой таблице. Также должны соответствовать имена столбцов, если только вы не добавите параметры column_name для отдельных столбцов, задающие их реальные имена в удалённой таблице. Во многих случаях использовать IMPORT FOREIGN SCHEMA предпочтительнее, чем конструировать определения сторонних таблиц вручную.

F.33.8. Автор

Шигеру Ханада <shigeru.hanada@gmail.com>

F.34. seg

Этот модуль реализует тип данных seg для представления отрезков или интервалов чисел с плавающей точкой. Тип seg может выражать отсутствие уверенности в границах интервала, что позволяет применять его для представления лабораторных измерений.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.34.1. Обоснование

Геометрия измерений обычно более сложна, чем точка в числовом континууме. Измерение обычно представляет собой отрезок этого континуума с нечёткими границами. Измеряемые показатели выражаются интервалами вследствие неопределённости и случайности, а также того, что измеряемое значение может отражать некоторое условие, например, диапазон температур стабильности протеина.

Руководствуясь только здравым смыслом, кажется более удобным хранить такие данные в виде интервалов, а не в виде двух отдельных чисел. На практике это оказывается даже эффективнее в большинстве приложений.

Более того, вследствие нечёткости границ использование традиционных числовых типов данных приводит к определённой потере информации. Рассмотрим такой пример: ваш инструмент выдаёт 6.50 и вы вводите это значение в базу данных. Что вы получите, прочитав это значение из базы? Смотрите:

```
test=> select 6.50 :: float8 as "pH";
 pH
---
6.5
(1 row)
```

В мире измерений, 6.50 — не то же самое, что 6.5. И разница между этими измерениями иногда бывает критической. Экспериментаторы обычно записывают (и публикуют) цифры, которые заслуживают доверия. Запись 6.50 на самом деле представляет неточный интервал, содержащийся внутри большего и ещё более неточного интервала, 6.5, и единственное, что у них может быть общего, это их центральные точки. Поэтому мы определённо не хотим, чтобы такие разные элементы данных выглядели одинаково.

Вывод? Удобно иметь специальный тип данных, в котором можно сохранить границы интервала с произвольной переменной точностью. В данном случае точность переменная в том смысле, что для каждого элемента данных она может записываться индивидуально.

Проверьте это:

```
test=> select '6.25 .. 6.50'::seg as "pH";
          pH
------------
6.25 .. 6.50
(1 row)
```

F.34.2. Синтаксис

Внешнее представление интервала образуется одним или двумя числами с плавающей точкой, соединёнными оператором диапазона (`..` или `...`). Кроме того, интервал можно задать центральной точкой плюс/минус отклонение. Также этот тип позволяет сохранить дополнительные индикаторы достоверности (`<`, `>` или `~`). (Однако индикаторы достоверности игнорируются всеми встроенными операторами.) Допустимые представления показаны в Таблице F.26; некоторые примеры приведены в Таблице F.27.

В Таблице F.26 символы *`x`*, *`y`* и *`delta`* обозначают числа с плавающей точкой. Перед значениями *`x`* и *`y`*, но не *`delta`*, может быть добавлен индикатор достоверности.

Таблица F.26. Внешнее представление seg

`x`	Одно значение (интервал нулевой длины)
`x` `..` *`y`*	Интервал от *`x`* до *`y`*
`x` `(+-)` *`delta`*	Интервал от *`x`* - *`delta`* до *`x`* + *`delta`*
`x` `..`	Открытый интервал с нижней границей *`x`*
`..` *`x`*	Открытый интервал с верхней границей *`x`*

Таблица F.27. Примеры допустимых вводимых значений seg

`5.0`	Создаёт сегмент нулевой длины (или точку, если хотите)
`~5.0`	Создаёт сегмент нулевой длины и записывает `~` в данные. Знак `~` игнорируется при операциях с `seg`, но сохраняется как комментарий.

`<5.0`	Создаёт точку с координатой 5.0. Знак < игнорируется, но сохраняется как комментарий.
`>5.0`	Создаёт точку с координатой 5.0. Знак > игнорируется, но сохраняется как комментарий.
`5(+-)0.3`	Создаёт интервал `4.7 .. 5.3`. Заметьте, что запись `(+-)` не сохраняется.
`50 ..`	Всё, что больше или равно 50
`.. 0`	Всё, что меньше или равно 0
`1.5e-2 .. 2E-2`	Создаёт интервал `0.015 .. 0.02`
`1 ... 2`	То же, что и `1...2`, либо `1 .. 2`, либо `1..2` (пробелы вокруг оператора диапазона игнорируются)

Так как оператор `...` часто используется в источниках данных, он принимается в качестве альтернативного написания оператора `..` К сожалению, это порождает неоднозначность при разборе: неясно, какая верхняя граница имеется в виду в записи `0...23` — `23` или `0.23`. Для разрешения этой неоднозначности во входных числах `seg` перед десятичной точкой всегда должна быть минимум одна цифра.

В качестве меры предосторожности, `seg` не принимает интервалы с нижней границей, превышающей верхнюю, например: `5 .. 2`.

F.34.3. Точность

Значения `seg` хранятся внутри как пары 32-битных чисел с плавающей точкой. Это значит, что числа с более чем 7 значащими цифрами будут усекаться.

Числа, содержащие 7 и меньше значащих цифр, сохраняют изначальную точность. То есть, если запрос возвращает 0.00, вы можете быть уверены, что конечные нули не являются артефактами форматирования: они отражают точность исходных данных. Количество ведущих нулей не влияет на точность: значение 0.0067 будет считаться имеющим только две значащих цифры.

F.34.4. Использование

Модуль `seg` включает класс операторов индекса GiST для значений `seg`. Операторы, поддерживаемые этим классом операторов, перечислены в Таблице F.28.

Таблица F.28. Операторы seg для GiST

Оператор Описание
`seg << seg` → `boolean` Первый `seg` полностью находится левее второго? [a, b] << [c, d] — true, если b < c.
`seg >> seg` → `boolean` Первый `seg` полностью находится правее второго? [a, b] >> [c, d] — true, если a > d.
`seg &< seg` → `boolean` Первый `seg` не простирается правее второго? [a, b] &< [c, d] — true, если b <= d.
`seg &> seg` → `boolean` Первый `seg` не простирается левее второго? [a, b] &> [c, d] — true, если a >= c.
`seg = seg` → `boolean` Два отрезка `seg` равны?
`seg && seg` → `boolean` Два отрезка `seg` пересекаются?
`seg @> seg` → `boolean`

Оператор Описание
Первый `seg` содержит второй?
`seg <@ seg` → `boolean` Первый `seg` содержится во втором?

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения `@>` и `<@` обозначались соответственно как `@` и `~`. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Также для типа `seg` поддерживаются стандартные операторы сравнения, показанные в Таблица 9.1. Эти операторы сначала сравнивают (a) с (c), и если они равны, сравнивают (b) с (d). Результат сравнения позволяет упорядочить значения образом, подходящим для большинства случаев, что полезно, если вы хотите применять ORDER BY с этим типом.

F.34.5. Примечания

Примеры использования можно увидеть в регрессионном тесте `sql/seg.sql`.

Механизм, преобразующий `(+-)` в обычные диапазоны, не вполне точно определяет число значащих цифр для границ. Например, он добавляет дополнительную цифру к нижней границе, если результирующий интервал включает степень десяти:

```
postgres=> select '10(+-)1'::seg as seg;
      seg
---------
9.0 .. 11             -- должно быть: 9 .. 11
```

Производительность индекса-R-дерева может значительно зависеть от начального порядка вводимых значений. Может быть очень полезно отсортировать входную таблицу по столбцу `seg`; пример можно найти в скрипте `sort-segments.pl`.

F.34.6. Благодарности

Первый автор: Джин Селков мл. `<selkovjr@mcs.anl.gov>`, Аргоннская национальная лаборатория, Отдел математики и компьютерных наук

Я очень благодарен в первую очередь профессору Джо Геллерштейну (*https://dsf.berkeley.edu/jmh/*) за пояснение сути GiST (*http://gist.cs.berkeley.edu/*). Я также признателен всем разработчикам Postgres в настоящем и прошлом за возможность создать свой собственный мир и спокойно жить в нём. Ещё я хотел бы выразить признательность Аргоннской лаборатории и Министерству энергетики США за годы постоянной поддержки моих исследований в области баз данных.

F.35. sepgsql

Загружаемый модуль `sepgsql` поддерживает мандатное управление доступом (MAC, Mandatory Access Control) с метками, построенное на базе политик безопасности SELinux.

> **Предупреждение**
>
> Текущая реализация имеет существенные ограничения и контролирует не все действия. См. Подраздел F.35.7.

F.35.1. Обзор

Этот модуль интегрируется в SELinux и обеспечивает дополнительный уровень проверок безопасности, расширяющий и дополняющий обычные средства PostgreSQL. С точки зрения SELinux, данный модуль позволяет PostgreSQL выполнять роль менеджера объектов в пространстве пользователя. При выполнении запроса DML обращение к каждой таблице или функции в нём будет контролироваться согласно системной политике безопасности. Эта проверка дополняет штатную проверку разрешений SQL, которую производит PostgreSQL.

Механизм SELinux принимает решения о разрешении доступа на основе меток безопасности, представляемых строками вида `system_u:object_r:sepgsql_table_t:s0`. В каждом решении учитываются две метки: метка субъекта, пытающегося выполнить действие, и метка объекта, над которым должно совершаться это действие. Так как эти метки могут применяться к объекту любого вида, решения о разрешении доступа к объектам внутри базы данных могут подчиняться (и с этим модулем фактически подчиняются) общим критериям, применяемым к объектам любого другого типа, например, к файлам. Эта схема позволяет организовать централизованную политику безопасности для защиты информационных активов, не зависящую от того, как именно хранятся эти активы.

Назначить метку безопасности объекту баз данных позволяет команда SECURITY LABEL.

F.35.2. Установка

Модуль `sepgsql` может работать только в Linux 2.6.28 и новее с включённым SELinux. На остальных платформах он не поддерживается. Вам также понадобится libselinux 2.1.10 или новее и selinux-policy 3.9.13 или новее (хотя в некоторых дистрибутивах необходимые правила могут быть адаптированы к политике старой версии).

Команда `sestatus` позволяет проверить состояние SELinux. Типичный её вывод выглядит так:

```
$ sestatus
SELinux status:                 enabled
SELinuxfs mount:                /selinux
Current mode:                   enforcing
Mode from config file:          enforcing
Policy version:                 24
Policy from config file:        targeted
```

Если SELinux отключён или не установлен, его необходимо привести в рабочее состояние, прежде чем устанавливать этот модуль.

Чтобы собрать этот модуль, добавьте параметр `--with-selinux` в команду PostgreSQL `configure`. Убедитесь в том, что в момент сборки установлен RPM-пакет `libselinux-devel`.

Чтобы использовать этот модуль, вы должны включить `sepgsql` в shared_preload_libraries в `postgresql.conf`. Этот модуль не будет корректно работать, если загрузить его каким-либо другим способом. Загрузив его, нужно выполнить `sepgsql.sql` в каждой базе данных. Этот скрипт установит функции, необходимые для управления метками безопасности, и назначит начальные метки безопасности.

Следующий пример показывает, как инициализировать новый кластер баз данных и установить в него функции и метки безопасности `sepgsql`. Измените пути в соответствии с размещением вашей инсталляции:

```
$ export PGDATA=/path/to/data/directory
$ initdb
$ vi $PGDATA/postgresql.conf
  изменить
    #shared_preload_libraries = ''                # (после изменения требуется
 перезапуск)
  на
    shared_preload_libraries = 'sepgsql'          # (после изменения требуется
 перезапуск)
$ for DBNAME in template0 template1 postgres; do
    postgres --single -F -c exit_on_error=true $DBNAME \
      </usr/local/pgsql/share/contrib/sepgsql.sql >/dev/null
```

```
  done
```

Заметьте, что вы можете увидеть следующие уведомления, в зависимости от конкретных установленных версий libselinux и selinux-policy:

```
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 33 has invalid object type
 db_blobs
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 36 has invalid object type
 db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 37 has invalid object type
 db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 38 has invalid object type
 db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 39 has invalid object type
 db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts:  line 40 has invalid object type
 db_language
```

Эти сообщения не критичны и их можно игнорировать.

Если процесс установки завершается без ошибок, вы можете запустить сервер обычным образом.

F.35.3. Регрессионные тесты

Природа SELinux такова, что для проведения регрессионных тестов `sepgsql` требуются дополнительные действия по настройке и некоторые из них должен выполнять root. Регрессионные тесты не будут запускаться обычной командой `make check` или `make installcheck`; вы должны настроить конфигурацию и затем вызвать тестовый скрипт вручную. Тесты должны запускаться в каталоге `contrib/sepgsql` настроенного дерева сборки PostgreSQL. Хотя им требуется дерево сборки, эти тесты рассчитаны на использование установленного сервера, то есть они примерно соответствуют `make installcheck`, но не `make check`.

Сначала установите `sepgsql` в рабочую базу данных по инструкциям, приведённым в Подразделе F.35.2. Заметьте, что для этого текущий пользователь операционной системы должен подключаться к базе данных как суперпользователь без аутентификации по паролю.

На втором шаге соберите и установите пакет политики для регрессионного теста. Политика `sepgsql-regtest` представляет собой политику особого назначения, предоставляющую набор правил, включаемых во время регрессионных тестов. Её следует скомпилировать из исходного файла `sepgsql-regtest.te`, что можно сделать командой `make` со скриптом Makefile, поставляемым с SELinux. Вам нужно будет найти нужный Makefile в своей системе; путь, показанный ниже, приведён только в качестве примера. (Этот Makefile обычно распространяется в RPM-пакете `selinux-policy-devel` или `selinux-policy`.) Скомпилировав пакет политики, его нужно установить с помощью команды `semodule`, которая загружает переданные ей пакеты в ядро. Если пакет установлен корректно, команда `semodule -l` должна вывести `sepgsql-regtest` в списке доступных пакетов политик:

```
$ cd .../contrib/sepgsql
$ make -f /usr/share/selinux/devel/Makefile
$ sudo semodule -u sepgsql-regtest.pp
$ sudo semodule -l | grep sepgsql
sepgsql-regtest 1.07
```

На третьем шаге включите параметр `sepgsql_regression_test_mode`. По соображениям безопасности, правила в `sepgsql-regtest` по умолчанию неактивны; параметр `sepgsql_regression_test_mode` активирует правила, необходимые для проведения регрессионных тестов. Включить этот параметр можно командой `setsebool`:

```
$ sudo setsebool sepgsql_regression_test_mode on
$ getsebool sepgsql_regression_test_mode
sepgsql_regression_test_mode --> on
```

На четвёртом шаге убедитесь в том, что ваша оболочка работает в домене `unconfined_t`:

```
$ id -Z
unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-s0:c0.c1023
```

Если необходимо сменить рабочий домен, в подробностях это описывается в Подразделе F.35.8.

Наконец, запустите скрипт регрессионного теста:

```
$ ./test_sepgsql
```

Этот скрипт попытается проверить, все ли шаги по настройке конфигурации выполнены корректно, а затем запустит регрессионные тесты для модуля `sepgsql`.

Завершив тесты, рекомендуется отключить параметр `sepgsql_regression_test_mode`:

```
$ sudo setsebool sepgsql_regression_test_mode off
```

Другой, возможно, более предпочтительный вариант — удалить политику `sepgsql-regtest` полностью:

```
$ sudo semodule -r sepgsql-regtest
```

F.35.4. Параметры GUC

`sepgsql.permissive` (`boolean`)

Этот параметр переводит `sepgsql` в разрешительный режим, вне зависимости от режима системы. По умолчанию он имеет значение off (отключён). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Когда этот параметр включён, `sepgsql` действует в разрешительном режиме, даже если SELinux в целом находится в ограничительном режиме. Этот параметр полезен в первую очередь для тестирования.

`sepgsql.debug_audit` (`boolean`)

Этот параметр включает вывод сообщений аудита вне зависимости от параметров системной политики. По умолчанию он отключён (имеет значение off), что означает, что сообщения будут выводиться согласно параметрам системы.

Политики безопасности SELinux также содержит правила, определяющие, будут ли фиксироваться в журнале определённые события. По умолчанию фиксируются нарушения доступа, а успешный доступ — нет.

Этот параметр принудительно включает фиксирование в журнале всех возможных событий, вне зависимости от системной политики.

F.35.5. Функциональные возможности

F.35.5.1. Управляемые классы объектов

Модель безопасности SELinux описывает все правила доступа в виде отношений между сущностью субъекта (обычно, это клиент базы данных) и сущностью объекта (например, объектом базы данных), каждая из которых определяется меткой безопасности. Если осуществляется попытка доступа к непомеченному объекту, он обрабатывается как объект, имеющий метку `unlabeled_t`.

В настоящее время `sepgsql` позволяет назначать метки безопасности схемам, таблицам, столбцам, последовательностям, представлениям и функциям. Когда `sepgsql` активен, метки безопасности автоматически назначаются поддерживаемым объектам базы в момент создания. Такая метка называется меткой безопасности по умолчанию и устанавливается согласно политике безопасности системы, которая учитывает метку создателя, метку, назначенную родительскому объекту создаваемого объекта и, возможно, имя создаваемого объекта.

Новый объект базы, как правило, наследует метку безопасности, назначенную родительскому объекту, если только в политике безопасности не заданы специальные правила, называемые правилами перехода типов (в этом случае может быть назначена другая метка). Для схем родительским объектом является текущая база данных; для таблиц, последовательностей, представлений и функций — схема, содержащая эти объекты; для столбцов — таблица.

F.35.5.2. Разрешения для DML

Для таблиц, задействованных в запросе в качестве целевых, проверяются разрешения `db_table:select`, `db_table:insert`, `db_table:update` или `db_table:delete` в зависимости от типа оператора; кроме того, для всех таблиц, содержащих столбцы, фигурирующие в предложении `WHERE` или `RETURNING`, или служащих источником данных для `UPDATE` и т. п., также проверяется разрешение `db_table:select`.

Для всех задействованных столбцов также проверяются разрешения на уровне столбцов. Разрешение `db_column:select` проверяется не только для столбцов, которые считываются оператором `SELECT`, но и для тех, к которым обращаются другие операторы DML; `db_column:update` или `db_column:insert` также проверяется для столбцов, изменяемых операторами `UPDATE` или `INSERT`.

Например, рассмотрим запрос:

```
UPDATE t1 SET x = 2, y = func1(y) WHERE z = 100;
```

В данном случае `db_column:update` будет проверяться для столбца `t1.x`, так как он изменяется, `db_column:{select update}` будет проверяться для `t1.y`, так как он и считывается, и изменяется, а `db_column:select` — для столбца `t1.z`, так как он только считывается. На уровне таблицы также будет проверяться разрешение `db_table:{select update}`.

Для последовательностей проверяется разрешение `db_sequence:get_value`, когда имеет место обращение к объекту последовательности в `SELECT`; заметьте, однако, что в настоящее время разрешения на выполнение связанных функций, таких как, `lastval()`, не проверяются.

Для представлений проверяется `db_view:expand`, а затем все другие соответствующие разрешения для объектов, развёрнутых из определения представления, в индивидуальном порядке.

Для функций проверяется `db_procedure:{execute}`, когда пользователь пытается выполнить функцию в составе запроса, либо при вызове по быстрому пути. Если эта функция является доверенной процедурой, также проверяется разрешение `db_procedure:{entrypoint}`, чтобы удостовериться, что эта функция может быть точкой входа в доверенную процедуру.

При обращении к любому объекту схемы необходимо иметь разрешение `db_schema:search` для содержащей его схемы. Когда имя целевого объекта не дополняется схемой, схемы, для которых данное разрешение отсутствует, не будут просматриваться (то же происходит, если у пользователя нет права `USAGE` для этой схемы). Когда схема указывается явно, пользователь получит ошибку, если он не имеет требуемого разрешения для доступа к указанной схеме.

Клиенту должен быть разрешён доступ ко всем задействованным в запросе таблицам и столбцам, даже если они проявились в нём в результате разворачивания представлений, так что правила применяются согласованно вне зависимости от варианта обращения к содержимому таблиц.

Стандартная система привилегий позволяет суперпользователям баз данных изменять системные каталоги с помощью команд DML и обращаться к таблицам TOAST или модифицировать их. Когда модуль `sepgsql` активен, эти операции запрещаются.

F.35.5.3. Разрешения для DDL

SELinux определяет набор разрешений для управления стандартными операциями для каждого типа объекта: создание, изменение определения, удаление и смена метки безопасности. В дополнение к ним для некоторых типов объектов предусмотрены специальные разрешения для управления их специфическими операциями, как например, добавление или удаление объектов в определённой схеме.

Для создания нового объекта базы данных требуется разрешение `create`. SELinux разрешает или запрещает выполнение этой операции в зависимости от метки безопасности клиента и предполагаемой метки безопасности нового объекта. В некоторых случаях требуются дополнительные разрешения:

- CREATE DATABASE дополнительно требует разрешения `getattr` в исходной или шаблонной базе данных.
- Создание объекта схемы дополнительно требует разрешения `add_name` в родительской схеме.
- Создание таблицы дополнительно требует разрешения на создание каждой отдельного столбца таблицы, как если бы каждый столбец таблицы был отдельным объектом верхнего уровня.
- Создание функции с атрибутом `LEAKPROOF` дополнительно требует разрешения `install`. (Это разрешение также проверяется, когда атрибут `LEAKPROOF` устанавливается для существующей функции.)

Когда выполняется команда `DROP`, для удаляемого объекта будет проверяться разрешение `drop`. Разрешения будут также проверяться и для объектов, удаляемых косвенно, вследствие указания `CASCADE`. Для удаления объектов, содержащихся в определённой схеме, (таблиц, представления, последовательностей и процедур) дополнительно нужно иметь разрешение `remove_name` в этой схеме.

Когда выполняется команда `ALTER`, для каждого модифицируемого объекта проверяется разрешение `setattr`, кроме подчинённых объектов, таких как индексы или триггеры таблиц (на них распространяются разрешения родительского объекта). В некоторых случаях требуются дополнительные разрешения:

- При перемещении объекта в новую схему дополнительно требуется разрешение `remove_name` в старой схеме и `add_name` в новой.
- Для установки атрибута `LEAKPROOF` для функции требуется разрешение `install`.
- Для использования SECURITY LABEL дополнительно требуется разрешение `relabelfrom` для объекта с его старой меткой безопасности и `relabelto` для этого объекта с новой меткой безопасности. (В случаях, когда установлено несколько поставщиков меток и пользователь пытается задать метку, неподконтрольную SELinux, должно проверяться только разрешение `setattr`. В настоящее время этого не происходит из-за ограничений реализации.)

F.35.5.4. Доверенные процедуры

Доверенные процедуры похожи на функции, определяющие контекст безопасности, или команды setuid. В SELinux реализована возможность запускать доверенный код с меткой безопасности, отличной от метки клиента, как правило, для предоставления чётко контролируемого доступа к важным данным (при этом например, могут отсеиваться строки или хранимые значения могут выводиться с меньшей точностью). Будет ли функция вызываться как доверенная процедура, определяется её меткой безопасности и политикой операционной системы. Например:

```
postgres=# CREATE TABLE customer (
               cid     int primary key,
               cname   text,
               credit  text
           );
CREATE TABLE
postgres=# SECURITY LABEL ON COLUMN customer.credit
               IS 'system_u:object_r:sepgsql_secret_table_t:s0';
SECURITY LABEL
postgres=# CREATE FUNCTION show_credit(int) RETURNS text
             AS 'SELECT regexp_replace(credit, ''-[0-9]+$'', ''-xxxx'', ''g'')
                         FROM customer WHERE cid = $1'
           LANGUAGE sql;
CREATE FUNCTION
```

```
postgres=# SECURITY LABEL ON FUNCTION show_credit(int)
               IS 'system_u:object_r:sepgsql_trusted_proc_exec_t:s0';
SECURITY LABEL
```

Показанные выше операции должен выполнять пользователь с правами администратора.

```
postgres=# SELECT * FROM customer;
ERROR:  SELinux: security policy violation
postgres=# SELECT cid, cname, show_credit(cid) FROM customer;
 cid | cname  |     show_credit
-----+--------+---------------------
   1 | taro   | 1111-2222-3333-xxxx
   2 | hanako | 5555-6666-7777-xxxx
(2 rows)
```

В данном случае обычный пользователь не может обращаться к `customer.credit` напрямую, но доверенная процедура `show_credit` позволяет ему получить номера кредитных карт клиентов, в которых будут скрыты некоторые цифры.

F.35.5.5. Динамические переключения домена

Возможность динамического перехода из домена в домен SELinux позволяет переводить метку безопасности клиентского процесса, клиентский домен в новый контекст, если это допускается политикой безопасности. Для этого клиент должен иметь разрешение `setcurrent`, а также разрешение `dyntransition` для перехода из старого в новый домен.

Динамические переключения домена следует тщательно продумывать, так как таким образом пользователи могут менять свои метки, а значит и привилегии, по собственному желанию, а не (как в случае с доверенными процедурами) по правилам, диктуемым системой. Таким образом, разрешение `dyntransition` считается безопасным, только когда применяется для переключения в домен с более ограниченным набором привилегий, чем текущий. Например:

```
regression=# select sepgsql_getcon();
                    sepgsql_getcon
-------------------------------------------------------
 unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-s0:c0.c1023
(1 row)

regression=# SELECT sepgsql_setcon('unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-
s0:c1.c4');
 sepgsql_setcon
----------------
 t
(1 row)

regression=# SELECT sepgsql_setcon('unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-
s0:c1.c1023');
ERROR:  SELinux: security policy violation
```

В показанном выше примере мы смогли переключиться из более широкого диапазона MCS `c1.c1023` в более узкий `c1.c4`, но переключение в обратную сторону было запрещено.

Сочетание динамического переключения домена с доверенными процедурами позволяет получить интересное решение, подходящее для реализации жизненного цикла процессов с пулом соединений. Даже если вашему менеджеру пула соединений не разрешается запускать многие команды SQL, вы можете разрешить ему сменить метку безопасности клиента, вызвав функцию `sepgsql_setcon()` из доверенной процедуры; для этого может передаваться удостоверение для авторизации запроса на смену метки клиента. После этого сеанс получит привилегии целевого пользователя, а не пользователя пула соединений. Позднее менеджер пула может отменить смену контекста безопасности, вызвав `sepgsql_setcon()` с аргументом `NULL`, так же из доверенной процедуры с необходимыми проверками разрешений. Идея этого подхода в том, что только этой доверенной процедуре будет разрешено менять действующую метку безопасности и только в том случае, когда ей передаётся правильное удостоверение. Разумеется, чтобы это решение было безопасным, хранилище удостоверений (таблица, определение процедуры или что-то другое) не должно быть общедоступным.

F.35.5.6. Разное

Выполнение команды LOAD в активном режиме запрещается, так как любой загруженный модуль может легко обойти ограничения политики безопасности.

F.35.6. Функции sepgsql

В Таблице F.29 перечислены все доступные функции.

Таблица F.29. Функции sepgsql

Функция Описание
`sepgsql_getcon` () → `text` Возвращает клиентский домен, текущую метку безопасности клиента.
`sepgsql_setcon` (`text`) → `boolean` Переключает домен клиента текущего сеанса в новый домен, если это допускает политика безопасности. Эта функция также принимает в аргументе `NULL` как запрос на переход в начальный домен клиента.
`sepgsql_mcstrans_in` (`text`) → `text` Переводит заданный диапазон MLS/MCS из полной записи в низкоуровневый формат, если работает демон mcstrans.
`sepgsql_mcstrans_out` (`text`) → `text` Переводит заданный диапазон MLS/MCS из низкоуровневого формата в полную запись, если работает демон mcstrans.
`sepgsql_restorecon` (`text`) → `boolean` Устанавливает начальные метки безопасности для всех объектов в текущей базе данных. В аргументе может передаваться `NULL` или имя файла со спецификациями контекстов, который будет применяться вместо стандартного системного.

F.35.7. Ограничения

Разрешения для языка определения данных (DDL, Data Definition Language)

Вследствие ограничений реализации, для некоторых операций DDL разрешения не проверяются.

Разрешения для языка управления данными (DCL, Data Control Language)

Вследствие ограничений реализации, для операций DCL разрешения не проверяются.

Управление доступом на уровне строк

PostgreSQL поддерживает ограничение доступа на уровне строк, а `sepgsql` — нет.

Скрытые каналы

Модуль `sepgsql` не пытается скрыть существование определённого объекта, даже если пользователю не разрешено обращаться к нему. Например, возможно догадаться о существовании невидимого объекта по конфликтам первичного ключа, нарушениям внешних ключей и т. д., даже когда нельзя получить содержимое этого объекта. Существование совершенно секретной таблицы невозможно скрыть; надеяться можно только на то, что будет защищено её содержимое.

F.35.8. Внешние ресурсы

SE-PostgreSQL Introduction, Введение в SE-PostgreSQL

На этой вики-странице даётся краткий обзор этого решения и рассказывается об архитектуре и конструкции безопасности, администрировании и ожидаемых в будущем возможностях.

SELinux User's and Administrator's Guide, Руководство пользователя и администратора SELinux

В этом документе представлен широкий спектр знаний по администрированию SELinux в ОС. В первую очередь он ориентирован на системы Red Hat, но его область применения не ограничена ими.

Fedora SELinux FAQ, Часто задаваемые вопросы по SELinux в ОС Fedora

В этом документе даются ответы на часто задаваемые вопросы по SELinux. В первую очередь он ориентирован на ОС Fedora, но его область применения не ограничена ей.

F.35.9. Автор

КайГай Кохэй `<kaigai@ak.jp.nec.com>`

F.36. spi

Модуль spi предоставляет несколько рабочих примеров использования Интерфейса программирования сервера (Server Programming Interface, SPI) и триггеров. Хотя эти функции имеют некоторую ценность сами по себе, они ещё более полезны как заготовки, которые можно приспособить под собственные нужды. Эти функции достаточно общие, чтобы работать с любой таблицей, но вы должны явно указать имена таблицы и полей (как описано ниже) при создании триггера.

Каждая группа функций, описанная ниже, представлена в виде отдельно устанавливаемого расширения.

F.36.1. refint — функции для реализации ссылочной целостности

Функции `check_primary_key()` и `check_foreign_key()` применяются для проверки ограничений внешних ключей. (Эта функциональность уже давно вытеснена встроенным механизмом внешних ключей, но этот модуль всё ещё полезен в качестве примера.)

Функция `check_primary_key()` проверяет ссылающуюся таблицу. Чтобы воспользоваться ей, создайте триггер `BEFORE INSERT OR UPDATE` с этой функцией для таблицы, ссылающейся на другую. Укажите в аргументах триггера: имена столбцов ссылающейся таблицы, образующих внешний ключ, имя целевой таблицы и имена столбцов в ней, образующих первичный/уникальный ключ. Чтобы контролировать несколько внешних ключей, создайте триггер для каждой такой ссылки.

Функция `check_foreign_key()` проверяет целевую таблицу. Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE DELETE OR UPDATE` с этой функцией для таблицы, на которую ссылаются другие. Укажите в аргументах триггера: число ссылающихся таблиц, для которых функция должна выполнить проверки, действие в случае обнаружения ссылающегося ключа (`cascade` — удалить ссылающуюся строку, `restrict` — прервать транзакцию, `setnull` — установить в ссылающихся полях значения NULL), имена столбцов целевой таблицы, образующих первичный/уникальный ключ, а затем имена таблиц и столбцов (в количестве, задаваемом первым аргументом). Заметьте, что поля первичных/уникальных столбцов должны иметь пометку NOT NULL и по ним должен быть создан уникальный индекс.

Примеры приведены в `refint.example`.

F.36.2. autoinc — функции для автоувеличения полей

Функция `autoinc()` реализует код триггера, сохраняющего следующее значение последовательности в целочисленном поле. Это в некоторой степени пересекается со встроенной функциональностью столбца «serial», но есть и отличия: `autoinc()` препятствует попыткам вставить другое значение поля при добавлении строк и может увеличивать значение поля при изменениях.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT` (или `BEFORE INSERT OR UPDATE`) с этой функцией. Передайте триггеру два аргумента: имя целочисленного столбца, который будет меняться, и имя объекта последовательности, который будет поставлять значения. (Вообще вы можете задать любое число пар таких имён, если хотите поддерживать несколько автоувеличивающихся столбцов.)

Пример приведён в `autoinc.example`.

F.36.3. insert_username — функции для отслеживания пользователя, вносящего изменения

Функция `insert_username()` реализует код триггера, сохраняющего имя текущего пользователя в текстовом поле. Это может быть полезно для отслеживания пользователя, изменившего конкретную строку таблицы последним.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT` и/или `UPDATE` с этой функцией. Передайте триггеру один аргумент: имя целевого текстового столбца.

Пример приведён в `insert_username.example`.

F.36.4. moddatetime — функции для отслеживания времени последнего изменения

Функция `moddatetime()` реализует код триггера, сохраняющего текущее время в поле типа `timestamp`. Это может быть полезно для отслеживания времени последней модификации конкретной строки таблицы.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE UPDATE` с этой функцией. Передайте триггеру один аргумент: имя целевого столбца. Столбец должен иметь тип `timestamp` или `timestamp with time zone`.

Пример приведён в `moddatetime.example`.

F.37. sslinfo

Модуль `sslinfo` выдаёт информацию о SSL-сертификате, который был представлен текущим клиентом при подключении к PostgreSQL. Этот модуль бесполезен (большинство функций возвратят NULL), если для текущего подключения не задействуется SSL.

Часть информации, выдаваемой этим модулем, можно получить через встроенное системное представление `pg_stat_ssl`.

Это расширение не будет собираться, если конфигурация была произведена без ключа `--with-openssl`.

F.37.1. Предоставляемые функции

`ssl_is_used() returns boolean`

Возвращает true, если текущее подключение использует SSL, и false в противном случае.

`ssl_version() returns text`

Возвращает имя протокола, по которому организовано SSL-подключение (например TLSv1.0, TLSv1.1 или TLSv1.2).

`ssl_cipher() returns text`

Возвращает имя шифра, используемого для SSL-подключения (например, DHE-RSA-AES256-SHA).

`ssl_client_cert_present() returns boolean`

Возвращает true, если текущий клиент предоставил серверу действительный клиентский SSL-сертификат, и false в противном случае. (Сервер может требовать, а может и не требовать предоставления клиентского сертификата.)

`ssl_client_serial() returns numeric`

Возвращает серийный номер текущего клиентского сертификата. Сочетание серийного номера сертификата с выдавшим его центром сертификации гарантирует однозначную идентификацию сертификата (но не его владелец — владелец должен регулярно менять свои ключи и получать сертификаты в центре сертификации).

Поэтому, если вы используете собственный ЦС и настроили сервер, чтобы он принимал сертификаты только от этого ЦС, серийный номер будет наиболее надёжным (хотя не очень запоминающимся) ключом идентификации пользователя.

`ssl_client_dn() returns text`

Возвращает полное имя субъекта из текущего клиентского сертификата, преобразуя символьные данные в кодировку текущей базы данных. Предполагается, что если в именах в сертификатах используются символы вне таблицы ASCII, то ваша база данных может представить эти символы. Если в вашей базе используется кодировка SQL_ASCII, символы вне ASCII в имени будут представлены последовательностями UTF-8.

Результат выглядит примерно так: `/CN=Somebody /C=Some country/O=Some organization`.

`ssl_issuer_dn() returns text`

Возвращает полное имя издателя текущего клиентского сертификата, преобразуя символьные данные в кодировку текущей базы данных. Преобразования кодировки осуществляются так же, как и в `ssl_client_dn`.

Сочетание возвращаемого значения этой функции с серийным номером сертификата однозначно идентифицирует сертификат.

Эта функция полезна, только если в установленном на сервере файле с сертификатами ЦС содержатся сертификаты нескольких ЦС или если один ЦС выдаёт сертификаты для промежуточных центров сертификации.

`ssl_client_dn_field(fieldname text) returns text`

Эта функция возвращает значение указанного поля данных субъекта сертификата, либо NULL, если это поле отсутствует. Имена полей задаются строковыми константами, которые затем преобразуются в идентификаторы объектов ASN1, используя базу данных объектов OpenSSL. Принимаются следующие значения:

```
commonName (или CN)
surname (или SN)
name
givenName (или GN)
countryName (или C)
localityName (или L)
stateOrProvinceName (или ST)
organizationName (или O)
organizationalUnitName (или OU)
title
description
initials
postalCode
streetAddress
generationQualifier
description
```

dnQualifier
x500UniqueIdentifier
pseudonym
role
emailAddress

Все эти поля являются необязательными, за исключением `commonName`. Какие из них будут включены в сертификат, а какие нет, зависит полностью от политики вашего ЦС. Значение этих полей, однако, строго определено стандартами X.500 и X.509, так что их нельзя интерпретировать произвольным образом.

`ssl_issuer_field(fieldname text) returns text`

То же, что `ssl_client_dn_field`, но для издателя, а не для субъекта сертификата.

`ssl_extension_info() returns setof record`

Предоставляет информацию о расширениях клиентского сертификата: имя расширения, значение расширения и является ли это расширение критическим.

F.37.2. Автор

Виктор Вагнер <vitus@cryptocom.ru>, ООО «Криптоком»

Дмитрий Воронин <carriingfate92@yandex.ru>

Электронный адрес группы разработчиков OpenSSL в Криптокоме: <openssl@cryptocom.ru>

F.38. tablefunc

Модуль `tablefunc` содержит ряд функций, возвращающих таблицы (то есть, множества строк). Эти функции полезны и сами по себе, и как примеры написания на C функций, возвращающих наборы строк.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.38.1. Предоставляемые функции

Функции, предоставляемые модулем `tablefunc`, перечислены в Таблице F.30.

Таблица F.30. Функции tablefunc

Функция	Описание
`normal_rand` (*numvals* `integer`, *mean* `float8`, *stddev* `float8`) → `setof float8`	Выдаёт набор случайных значений, имеющих нормальное распределение.
`crosstab` (*sql* `text`) → `setof record`	Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс *N* столбцов значений, где *N* определяется видом строк, заданным в вызывающем запросе.
`crosstab`*N* (*sql* `text`) → `setof table_crosstab_` *N*	Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс *N* столбцов значений. Функции `crosstab2`, `crosstab3` и `crosstab4` предопределены, но вы можете создать дополнительные функции `crosstab`*N*, как описано ниже.
`crosstab` (*source_sql* `text`, *category_sql* `text`) → `setof record`	Выдаёт «повёрнутую таблицу» со столбцами значений, заданными вторым запросом.
`crosstab` (*sql* `text`, *N* `integer`) → `setof record`	Устаревшая версия `crosstab(text)` . Параметр *N* теперь игнорируется, так как число столбцов значений всегда определяется вызывающим запросом.

Функция Описание
connectby (*relname* text, *keyid_fld* text, *parent_keyid_fld* text [, *orderby_fld* text], *start_with* text, *max_depth* integer [, *branch_delim* text]) → setof record Выдаёт представление иерархической древовидной структуры.

F.38.1.1. normal_rand

```
normal_rand(int numvals, float8 mean, float8 stddev) returns setof float8
```

Функция `normal_rand` выдаёт набор случайных значений, имеющих нормальное распределение (распределение Гаусса).

Параметр *numvals* задаёт количество значений, которое выдаст эта функция. Параметр *mean* задаёт медиану нормального распределения, а *stddev* — стандартное отклонение.

Например, этот вызов запрашивает 1000 значений с медианой 5 и стандартным отклонением 3:

```
test=# SELECT * FROM normal_rand(1000, 5, 3);
     normal_rand
----------------------
     1.56556322244898
     9.10040991424657
     5.36957140345079
   -0.369151492880995
    0.283600703686639
        .
        .
        .
     4.82992125404908
     9.71308014517282
     2.49639286969028
(1000 rows)
```

F.38.1.2. crosstab(text)

```
crosstab(text sql)
crosstab(text sql, int N)
```

Функция `crosstab` применяется для формирования «повёрнутых» отображений, в которых данные идут вдоль строк, а не сверху вниз. Например, мы можем иметь такие данные:

```
row1    val11
row1    val12
row1    val13
...
row2    val21
row2    val22
row2    val23
...
```

и хотим видеть их так:

```
row1    val11   val12   val13   ...
row2    val21   val22   val23   ...
...
```

Функция `crosstab` принимает в текстовом параметре SQL-запрос, выдающий исходные данные первым способом, и выдаёт таблицу, отформатированную вторым способом.

В параметре *sql* передаётся SQL-запрос, выдающий исходный набор данных. Этот запрос должен возвращать один столбец `row_name`, один столбец `category` и один столбец `value`. Параметр *N* является устаревшим и игнорируется, если передаётся при вызове (раньше он должен был соответствовать количеству выходных столбцов значений, но теперь это количество определяется вызывающим запросом).

Например, заданный запрос может выдавать такой результат:

```
 row_name    cat    value
----------+-------+-------
  row1      cat1    val1
  row1      cat2    val2
  row1      cat3    val3
  row1      cat4    val4
  row2      cat1    val5
  row2      cat2    val6
  row2      cat3    val7
  row2      cat4    val8
```

Функция `crosstab` объявлена как возвращающая `setof record`, так что фактические имена и типы столбцов должны определяться в предложении `FROM` вызывающего оператора `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM crosstab('...') AS ct(row_name text, category_1 text, category_2 text);
```

Этот запрос выдаст примерно такой результат:

```
           <== столбцы значений ==>
 row_name   category_1   category_2
----------+------------+------------
  row1        val1         val2
  row2        val5         val6
```

Предложение `FROM` должно определять результат со столбцом `row_name` (того же типа данных, что у первого результирующего столбца SQL-запроса), за которым следуют N столбцов значений (все того же типа данных, что и третий результирующий столбец SQL-запроса). Количество выходных столбцов значений может быть произвольным и имена выходных столбцов определяете вы сами.

Функция `crosstab` выдаёт одну выходную строку для каждой последовательной группы с одним значением `row_name`. Она заполняет столбцы значений слева направо полями `value` из этих строк. Если в группе оказывается меньше строк, чем выходных столбцов значений, дополнительные столбцы принимают значения NULL; если же строк оказывается больше, лишние строки игнорируются.

На практике в SQL-запросе всегда должно указываться `ORDER BY 1,2`, чтобы входные строки были отсортированы должным образом, то есть, чтобы данные с одинаковым значением `row_name` собирались вместе и корректно упорядочивались в строке. Заметьте, что сама `crosstab` не учитывает второй столбец результата запроса; он присутствует только для того, чтобы определять порядок, в котором значения третьего столбца будут следовать в строке.

Полный пример:

```
CREATE TABLE ct(id SERIAL, rowid TEXT, attribute TEXT, value TEXT);
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att1','val1');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att2','val2');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att3','val3');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att4','val4');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att1','val5');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att2','val6');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att3','val7');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att4','val8');

SELECT *
FROM crosstab(
  'select rowid, attribute, value
```

```
   from ct
   where attribute = ''att2'' or attribute = ''att3''
   order by 1,2')
AS ct(row_name text, category_1 text, category_2 text, category_3 text);

 row_name | category_1 | category_2 | category_3
----------+------------+------------+------------
 test1    | val2       | val3       |
 test2    | val6       | val7       |
(2 rows)
```

Вы можете в любом случае обойтись без написания предложения FROM, определяющего выходные столбцы, создав собственную функцию crosstab, в определении которой будет зашит желательный тип выходной строки. Это описывается в следующем разделе. Также имеется возможность включить требуемое предложение FROM в определение представления.

> **Примечание**
>
> Также изучите команду \crosstabview в psql, реализующую функциональность, подобную crosstab().

F.38.1.3. crosstab*N*(text)

crosstab*N*(text sql)

Функции crosstab*N* являются примерами того, как можно создать собственные обёртки универсальной функции crosstab, чтобы не приходилось выписывать имена и типы столбцов в вызывающем запросе SELECT. Модуль tablefunc включает функции crosstab2, crosstab3 и crosstab4, определяющие типы выходных строк так:

```
CREATE TYPE tablefunc_crosstab_N AS (
    row_name TEXT,
    category_1 TEXT,
    category_2 TEXT,
        .
        .
        .
    category_N TEXT
);
```

Таким образом, эти функции могут применяться непосредственно, когда входной запрос выдаёт столбцы row_name и value типа text и вы хотите получить на выходе 2, 3 или 4 столбца значений. В остальном эти функции ведут себя в точности так же, как и универсальная функция crosstab.

Так, пример, приведённый в предыдущем разделе, можно переписать и в таком виде:

```
SELECT *
FROM crosstab3(
  'select rowid, attribute, value
   from ct
   where attribute = ''att2'' or attribute = ''att3''
   order by 1,2');
```

Эти функции представлены в основном в демонстрационных целях. Вы можете создать собственные типы возвращаемых данных и реализовать функции на базе нижележащей функции crosstab(). Это можно сделать двумя способами:

- Создать составной тип, описывающий желаемые выходные столбцы, примерно как это делается в примерах в contrib/tablefunc/tablefunc--1.0.sql. Затем нужно выбрать уникальное имя для функции, принимающей один параметр text и возвращающей setof имя_вашего_типа, и связать его с той же нижележащей функцией `crosstab` на C. Например, если ваш источник данных выдаёт имена строк типа `text` и значения типа `float8`, и вы хотите получить 5 столбцов значений:

```
CREATE TYPE my_crosstab_float8_5_cols AS (
    my_row_name text,
    my_category_1 float8,
    my_category_2 float8,
    my_category_3 float8,
    my_category_4 float8,
    my_category_5 float8
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION crosstab_float8_5_cols(text)
    RETURNS setof my_crosstab_float8_5_cols
    AS '$libdir/tablefunc','crosstab' LANGUAGE C STABLE STRICT;
```

- Использовать выходные параметры (`OUT`), чтобы явно определить возвращаемый тип. Тот же пример можно реализовать и таким способом:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION crosstab_float8_5_cols(
    IN text,
    OUT my_row_name text,
    OUT my_category_1 float8,
    OUT my_category_2 float8,
    OUT my_category_3 float8,
    OUT my_category_4 float8,
    OUT my_category_5 float8)
  RETURNS setof record
  AS '$libdir/tablefunc','crosstab' LANGUAGE C STABLE STRICT;
```

F.38.1.4. crosstab(text, text)

```
crosstab(text source_sql, text category_sql)
```

Основное ограничение формы `crosstab` с одним параметром состоит в том, что она воспринимает все значения в группе одинаково и вставляет очередное значение в первый свободный столбец. Если вы хотите, чтобы столбцы значений соответствовали определённым категориям данных и некоторые группы могли содержать данные не для всех категорий, этот подход не будет работать. Форма `crosstab` с двумя параметрами решает эту задачу, принимая явный список категорий, соответствующих выходным столбцам.

В параметре *source_sql* передаётся SQL-оператор, выдающий исходный набор данных. Этот оператор должен выдавать строки со столбцом `row_name`, столбцом `category` и столбцом `value`. Также он может выдать один или несколько «дополнительных» столбцов. Столбец `row_name` должен быть первым, а столбцы `category` и `value` — последними двумя, именно в этом порядке. Все столбцы между `row_name` и `category` воспринимаются как «дополнительные». Ожидается, что «дополнительные» столбцы будут содержать одинаковые значения для всех строк с одним значением `row_name`.

Например, *source_sql* может выдать такой набор данных:

```
SELECT row_name, extra_col, cat, value FROM foo ORDER BY 1;

 row_name    extra_col   cat    value
----------+------------+-----+---------
  row1         extra1    cat1    val1
  row1         extra1    cat2    val2
  row1         extra1    cat4    val4
  row2         extra2    cat1    val5
  row2         extra2    cat2    val6
```

```
  row2         extra2    cat3    val7
  row2         extra2    cat4    val8
```

В параметре *category_sql* передаётся оператор SQL, выдающий набор категорий. Этот оператор должен возвращать всего один столбец. Он должен выдать минимум одну строку; в противном случае произойдёт ошибка. Кроме того, выдаваемые им значения не должны повторяться, иначе так же произойдёт ошибка. В качестве *category_sql* можно передать, например, такой запрос:

```
SELECT DISTINCT cat FROM foo ORDER BY 1;
    cat
  -------
    cat1
    cat2
    cat3
    cat4
```

Функция `crosstab` объявлена как возвращающая тип `setof record`, так что фактические имена и типы выходных столбцов должны определяться в предложении `FROM` вызывающего оператора `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM crosstab('...', '...')
    AS ct(row_name text, extra text, cat1 text, cat2 text, cat3 text, cat4 text);
```

При этом будет получен примерно такой результат:

```
                  <==  столбцы значений   ==>
row_name   extra   cat1   cat2   cat3   cat4
---------+-------+------+------+------+------
  row1     extra1  val1   val2          val4
  row2     extra2  val5   val6   val7   val8
```

В предложении `FROM` должно определяться нужное количество выходных столбцов соответствующих типов данных. Если запрос *source_sql* выдаёт *N* столбцов, первые *N*-2 из них должны соответствовать первым *N*-2 выходным столбцам. Оставшиеся выходные столбцы должны иметь тип последнего столбца результата *source_sql* и их должно быть столько, сколько строк оказалось в результате запроса *category_sql*.

Функция `crosstab` выдаёт одну выходную строку для каждой последовательной группы входных строк с одним значением `row_name`. Выходной столбец `row_name` плюс все «дополнительные» столбцы копируются из первой строки группы. Выходные столбцы значений заполняются содержимым полей `value` из строк с соответствующими значениями `category`. Если в поле `category` оказывается значение, отсутствующее в результате запроса *category_sql*, содержимое поля `value` в этой строке игнорируется. Выходные столбцы, для которых соответствующая категория не представлена ни в одной из входных строк группы, принимают значения NULL.

На практике в запросе *source_sql* всегда нужно указывать `ORDER BY 1`, чтобы все значения с одним `row_name` гарантированно выводились вместе. Порядок же категорий внутри группы не важен. Кроме того, важно, чтобы порядок значений, выдаваемых запросом *category_sql*, соответствовал заданному порядку выходных столбцов.

Два законченных примера:

```
create table sales(year int, month int, qty int);
insert into sales values(2007, 1, 1000);
insert into sales values(2007, 2, 1500);
insert into sales values(2007, 7, 500);
insert into sales values(2007, 11, 1500);
insert into sales values(2007, 12, 2000);
insert into sales values(2008, 1, 1000);

select * from crosstab(
```

```
  'select year, month, qty from sales order by 1',
  'select m from generate_series(1,12) m'
) as (
  year int,
  "Jan" int,
  "Feb" int,
  "Mar" int,
  "Apr" int,
  "May" int,
  "Jun" int,
  "Jul" int,
  "Aug" int,
  "Sep" int,
  "Oct" int,
  "Nov" int,
  "Dec" int
);
 year | Jan  | Feb  | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov  | Dec
------+------+------+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+------+------
 2007 | 1000 | 1500 |     |     |     |     | 500 |     |     |     | 1500 | 2000
 2008 | 1000 |      |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
(2 rows)
```

```
CREATE TABLE cth(rowid text, rowdt timestamp, attribute text, val text);
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','temperature','42');
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','test_result','PASS');
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','volts','2.6987');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','temperature','53');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','test_result','FAIL');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','test_startdate','01 March 2003');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','volts','3.1234');

SELECT * FROM crosstab
(
  'SELECT rowid, rowdt, attribute, val FROM cth ORDER BY 1',
  'SELECT DISTINCT attribute FROM cth ORDER BY 1'
)
AS
(
       rowid text,
       rowdt timestamp,
       temperature int4,
       test_result text,
       test_startdate timestamp,
       volts float8
);
 rowid |          rowdt           | temperature | test_result |      test_startdate
  | volts
-------+--------------------------+-------------+-------------
+--------------------------+--------
 test1 | Sat Mar 01 00:00:00 2003 |          42 | PASS        |
  | 2.6987
 test2 | Sun Mar 02 00:00:00 2003 |          53 | FAIL        | Sat Mar 01 00:00:00
 2003 | 3.1234
(2 rows)
```

Вы можете создать предопределённые функции, чтобы не выписывать имена и типы результирующих столбцов в каждом запросе. Примеры приведены в предыдущем разделе. Нижележащая функция C для этой формы `crosstab` называется `crosstab_hash`.

F.38.1.5. connectby

```
connectby(text relname, text keyid_fld, text parent_keyid_fld
          [, text orderby_fld ], text start_with, int max_depth
          [, text branch_delim ])
```

Функция `connectby` выдаёт отображение данных, содержащихся в таблице, в иерархическом виде. Таблица должна содержать поле ключа, однозначно идентифицирующее строки, и поле ключа родителя, ссылающееся на родителя строки (если он есть). Функция `connectby` может вывести вложенное дерево, начиная с любой строки.

Параметры описаны в Таблице F.31.

Таблица F.31. Параметры connectby

Параметр	Описание
relname	Имя исходного отношения
keyid_fld	Имя поля ключа
parent_keyid_fld	Имя поля, содержащего ключ родителя
orderby_fld	Имя поля, по которому сортируются потомки (необязательно)
start_with	Значение ключа отправной строки
max_depth	Максимальная глубина, на которую можно погрузиться, либо ноль для неограниченного погружения
branch_delim	Строка, разделяющая ключи в выводе ветви (необязательно)

Поля ключа и ключа родителя могут быть любого типа, но должны иметь общий тип. Заметьте, что значение *start_with* должно задаваться текстовой строкой, вне зависимости от типа поля ключа.

Функция `connectby` объявлена как возвращающая `setof record`, так что фактические имена и типы выходных столбцов должны определяться в предложении `FROM` вызывающего оператора `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0,
 '~')
    AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text, pos int);
```

Первые два выходных столбца используются для вывода ключа текущей строки и ключа её родителя; их тип должен соответствовать типу поля ключа. Третий выходной столбец задаёт глубину в дереве и должен иметь тип `integer`. Если передаётся параметр *branch_delim*, в следующем столбце выводятся ветви, и этот столбец должен иметь тип `text`. Наконец, если передаётся параметр *orderby_fld*, в последнем столбце выводятся последовательные числа, и он должен иметь тип `integer`.

В столбце «branch» показывается путь по ключам, приведший к текущей строке. Ключи разделяются заданной строкой *branch_delim*. Если выводить ветви не требуется, опустите параметр *branch_delim* и столбец branch в списке выходных столбцов.

Если порядок потомков одного родителя имеет значение, добавьте параметр *orderby_fld*, указывающий поле для упорядочивания потомков. Это поле может иметь любой тип, допускающий сортировку. Список выходных столбцов должен включать последним столбцом целочисленный столбец с последовательными значениями, если и только если передаётся параметр *orderby_fld*.

Параметры, представляющие имена таблицы и полей, копируются как есть в SQL-запросы, которые `connectby` генерирует внутри. Таким образом, их нужно заключить в двойные кавычки, если они содержат буквы в разном регистре или специальные символы. Также может понадобиться дополнить имя таблицы схемой.

С большими таблицами производительность будет неудовлетворительной, если не создать индекс по полю с ключом родителя.

Важно, чтобы строка *branch_delim* не фигурировала в значениях ключа, иначе `connectby` может некорректно сообщить об ошибке бесконечной вложенности. Заметьте, что если параметр *branch_delim* не задаётся, для выявления зацикленности применяется символ `~`.

Пример:

```
CREATE TABLE connectby_tree(keyid text, parent_keyid text, pos int);

INSERT INTO connectby_tree VALUES('row1',NULL, 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row2','row1', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row3','row1', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row4','row2', 1);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row5','row2', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row6','row4', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row7','row3', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row8','row6', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row9','row5', 0);

-- с ветвями без orderby_fld (порядок результатов не гарантируется)
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'row2', 0, '~')
 AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text);
 keyid | parent_keyid | level |       branch
-------+--------------+-------+---------------------
 row2  |              |     0 | row2
 row4  | row2         |     1 | row2~row4
 row6  | row4         |     2 | row2~row4~row6
 row8  | row6         |     3 | row2~row4~row6~row8
 row5  | row2         |     1 | row2~row5
 row9  | row5         |     2 | row2~row5~row9
(6 rows)

-- без ветвей и без orderby_fld (порядок результатов не гарантируется)
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'row2', 0)
 AS t(keyid text, parent_keyid text, level int);
 keyid | parent_keyid | level
-------+--------------+-------
 row2  |              |     0
 row4  | row2         |     1
 row6  | row4         |     2
 row8  | row6         |     3
 row5  | row2         |     1
 row9  | row5         |     2
(6 rows)

-- с ветвями и с orderby_fld (заметьте, что row5 идёт перед row4)
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0,
 '~')
 AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text, pos int);
 keyid | parent_keyid | level |       branch        | pos
-------+--------------+-------+---------------------+-----
 row2  |              |     0 | row2                |   1
 row5  | row2         |     1 | row2~row5           |   2
 row9  | row5         |     2 | row2~row5~row9      |   3
```

```
 row4  | row2          |     1 | row2~row4           |   4
 row6  | row4          |     2 | row2~row4~row6      |   5
 row8  | row6          |     3 | row2~row4~row6~row8 |   6
(6 rows)

-- без ветвей, с orderby_fld (заметьте, что row5 идёт перед row4)
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0)
 AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, pos int);
 keyid | parent_keyid | level | pos
-------+--------------+-------+-----
 row2  |              |     0 |   1
 row5  | row2         |     1 |   2
 row9  | row5         |     2 |   3
 row4  | row2         |     1 |   4
 row6  | row4         |     2 |   5
 row8  | row6         |     3 |   6
(6 rows)
```

F.38.2. Автор

Джо Конвей (Joe Conway)

F.39. tcn

Модуль `tcn` предлагает триггерную функцию, уведомляющую приёмники уведомлений об изменениях в любой таблице, к которой привязан триггер. Она должна использоваться в качестве триггера `AFTER` вида `FOR EACH ROW`.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

Этой функции в операторе `CREATE TRIGGER` передаётся только один параметр, и он не является обязательным. Если этот параметр присутствует, он задаёт имя канала для уведомлений. В случае его отсутствия именем канала будет `tcn`.

Сообщение уведомления включает имя таблицы, букву, обозначающую тип выполняемой операции и пары имя столбца/значение для столбца первичного ключа. Каждая часть сообщения отделяется от следующей запятой. Для упрощения разбора сообщения регулярными выражениями имена таблицы и столбцов всегда заключаются в двойные кавычки, а значения данных — в апострофы. Внутренние кавычки и апострофы дублируются.

Далее приведена краткая демонстрация использования расширения.

```
test=# create table tcndata
test-#   (
test(#     a int not null,
test(#     b date not null,
test(#     c text,
test(#     primary key (a, b)
test(#   );
CREATE TABLE
test=# create trigger tcndata_tcn_trigger
test-#   after insert or update or delete on tcndata
test-#   for each row execute function triggered_change_notification();
CREATE TRIGGER
test=# listen tcn;
LISTEN
test=# insert into tcndata values (1, date '2012-12-22', 'one'),
test-#                            (1, date '2012-12-23', 'another'),
test-#                            (2, date '2012-12-23', 'two');
```

```
INSERT 0 3
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
 received from server process with PID 22770.
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='1',"b"='2012-12-23'"
 received from server process with PID 22770.
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='2',"b"='2012-12-23'"
 received from server process with PID 22770.
test=# update tcndata set c = 'uno' where a = 1;
UPDATE 2
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",U,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
 received from server process with PID 22770.
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",U,"a"='1',"b"='2012-12-23'"
 received from server process with PID 22770.
test=# delete from tcndata where a = 1 and b = date '2012-12-22';
DELETE 1
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",D,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
 received from server process with PID 22770.
```

F.40. test_decoding

Модуль `test_decoding` представляет пример модуля вывода логического декодирования. Он не делает ничего особенно полезного, но может послужить отправной точкой для разработки собственного модуля вывода.

Модуль `test_decoding` получает WAL через механизм логического декодирования и переводит его в текстовое представление выполняемых операций.

Типичный вывод этого модуля, работающего через интерфейс логического декодирования SQL, может выглядеть так:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('test_slot', NULL, NULL, 'include-xids', '0');
   lsn     | xid |                       data
-----------+-----+--------------------------------------------------
 0/16D30F8 | 691 | BEGIN
 0/16D32A0 | 691 | table public.data: INSERT: id[int4]:2 data[text]:'arg'
 0/16D32A0 | 691 | table public.data: INSERT: id[int4]:3 data[text]:'demo'
 0/16D32A0 | 691 | COMMIT
 0/16D32D8 | 692 | BEGIN
 0/16D3398 | 692 | table public.data: DELETE: id[int4]:2
 0/16D3398 | 692 | table public.data: DELETE: id[int4]:3
 0/16D3398 | 692 | COMMIT
(8 rows)
```

F.41. tsm_system_rows

Модуль `tsm_system_rows` предоставляет метод извлечения выборки `SYSTEM_ROWS`, который можно использовать в предложении `TABLESAMPLE` команды SELECT.

Этот метод извлечения выборки принимает один целочисленный аргумент, задающий максимальное число выбираемых строк. Результирующая выборка будет содержать в точности столько строк, если только в таблице не оказывается меньше заданного числа строк (в этом случае выдаётся вся таблица).

Как и встроенный метод извлечения выборки `SYSTEM`, `SYSTEM_ROWS` производит выборку на уровне блоков, так что выборка будет не полностью случайной, а может подвергаться эффектам кластеризации, особенно когда запрашивается небольшое число строк.

`SYSTEM_ROWS` не поддерживает предложение `REPEATABLE`.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.41.1. Примеры

Пример получения выборки из таблицы с применением метода SYSTEM_ROWS. Сначала нужно установить расширение:

```
CREATE EXTENSION tsm_system_rows;
```

Затем вы можете использовать его в команде SELECT, например так:

```
SELECT * FROM my_table TABLESAMPLE SYSTEM_ROWS(100);
```

Эта команда выдаст выборку из 100 строк из таблицы my_table (а если в таблице не окажется 100 видимых строк, будут возвращены все строки).

F.42. tsm_system_time

Модуль tsm_system_time предоставляет метод извлечения выборки SYSTEM_TIME, который можно использовать в предложении TABLESAMPLE команды SELECT.

Этот метод извлечения выборки принимает в единственном аргументе число с плавающей точкой, задающее максимальное время (в миллисекундах), которое отводится на чтение таблицы. Это даёт возможность непосредственно управлять длительностью выполнения запроса, ценой того, что размер выборки оказывается трудно предсказуемым. Результирующая выборка будет содержать столько строк, сколько удастся прочитать за отведённое время, если только быстрее не будет прочитана вся таблица.

Как и встроенный метод извлечения выборки SYSTEM, SYSTEM_TIME производит выборку на уровне блоков, так что выборка будет не полностью случайной, а может подвергаться эффектам кластеризации, особенно когда выбирается небольшое число строк.

SYSTEM_TIME не поддерживает предложение REPEATABLE.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право CREATE в текущей базе данных.

F.42.1. Примеры

Пример получения выборки из таблицы с применением метода SYSTEM_TIME. Сначала нужно установить расширение:

```
CREATE EXTENSION tsm_system_time;
```

Затем вы можете использовать его в команде SELECT, например так:

```
SELECT * FROM my_table TABLESAMPLE SYSTEM_TIME(1000);
```

Эта команда выдаст настолько большую выборку из my_table, насколько много строк она успеет прочитать за 1 секунду (1000 миллисекунд). Разумеется, если за 1 секунду удастся прочитать всю таблицу, будут возвращены все её строки.

F.43. unaccent

Модуль unaccent представляет словарь текстового поиска, который убирает надстрочные (диакритические) знаки из лексем. Это фильтрующий словарь, что значит, что выводимые им данные всегда передаются следующему словарю (если он есть), в отличие от нормальных словарей. Применяя его, можно выполнить полнотекстовый поиск без учёта ударений (диакритики).

Текущую реализацию unaccent нельзя использовать в качестве нормализующего словаря для словаря thesaurus.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.43.1. Конфигурирование

Словарь `unaccent` принимает следующие параметры:

- Параметр `RULES` задаёт базовое имя файла со списком правил преобразования. Этот файл должен находиться в каталоге `$SHAREDIR/tsearch_data/` (где под `$SHAREDIR` понимается каталог с общими данными инсталляции PostgreSQL). Имя файла должно заканчиваться расширением `.rules` (которое не нужно указывать в параметре `RULES`).

Файл правил имеет следующий формат:

- Каждая строка представляет одно правило перевода, состоящее из символа с диакритикой, за которым следует символ без диакритики. Первый символ переводится во второй. Например,

  ```
  À        A
  Á        A
  Â        A
  Ã        A
  Ä        A
  Å        A
  Æ        AE
  ```

  Эти два символа должны разделяться пробельным символом, а любые начальные или конечные пробельные символы в этой строке игнорируются.
- В качестве альтернативного варианта, если в строке задан всего один символ, вхождения этого символа будут удаляться; это полезно для языков, в которых диакритика представляется отдельными символами.
- На самом деле роль «символа» может играть любая строка, не содержащая пробельные символы, так что словари `unaccent` могут быть полезны и для другого рода замены подстрок, а не только для удаления диакритик.
- Как и другие файлы конфигурации текстового поиска в PostgreSQL, файл правил должен иметь кодировку UTF-8. При загрузке данные из него будут автоматически преобразованы в кодировку текущей базы данных. Все строки в нём, содержащие непереводимые символы, просто игнорируются, так что файлы правил могут содержать правила, неприменимые в текущей кодировке.

Более полный набор правил, непосредственно пригодный для большинства европейских языков, можно найти в файле `unaccent.rules`, который помещается в `$SHAREDIR/tsearch_data/`, когда устанавливается модуль `unaccent`. Этот файл правил переводит буквы с диакритикой в те же буквы без диакритики, а также разворачивает лигатуры в равнозначные последовательности простых символов (например, Æ в AE).

F.43.2. Использование

При установке расширения `unaccent` в базе создаётся шаблон текстового поиска `unaccent` и словарь `unaccent` на его основе. Для словаря `unaccent` по умолчанию определяется параметр `RULES='unaccent'`, благодаря чему его можно сразу использовать со стандартным файлом `unaccent.rules`. При желании вы можете изменить этот параметр, например, так

```
mydb=# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY unaccent (RULES='my_rules');
```

или создать новые словари на основе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb=# select ts_lexize('unaccent','Hôtel');
 ts_lexize
-----------
```

```
 {Hotel}
(1 row)
```

Следующий пример показывает, как вставить словарь `unaccent` в конфигурацию текстового поиска:

```
mydb=# CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION fr ( COPY = french );
mydb=# ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION fr
        ALTER MAPPING FOR hword, hword_part, word
        WITH unaccent, french_stem;
mydb=# select to_tsvector('fr','Hôtels de la Mer');
    to_tsvector
-------------------
 'hotel':1 'mer':4
(1 row)

mydb=# select to_tsvector('fr','Hôtel de la Mer') @@ to_tsquery('fr','Hotels');
 ?column?
----------
 t
(1 row)

mydb=# select ts_headline('fr','Hôtel de la Mer',to_tsquery('fr','Hotels'));
      ts_headline
------------------------
 <b>Hôtel</b> de la Mer
(1 row)
```

F.43.3. Функции

Функция `unaccent()` удаляет надстрочные (диакритические) знаки из заданной строки. По сути она представляет собой обёртку вокруг словарей в стиле `unaccent`, но может вызываться и вне обычного контекста текстового поиска.

```
unaccent([словарь regdictionary,] строка text) returns text
```

Если аргумент *словарь* опущен, будет использоваться словарь с именем `unaccent`, находящийся в той же схеме, что и сама функция `unaccent()`.

Пример:

```
SELECT unaccent('unaccent', 'Hôtel');
SELECT unaccent('Hôtel');
```

F.44. uuid-ossp

Модуль `uuid-ossp` предоставляет функции для генерирования универсальных уникальных идентификаторов (UUID) по одному из нескольких стандартных алгоритмов. В нём также есть функции, выдающие специальные UUID-константы. Этот модуль необходим только в случае особых требований, которым не удовлетворяет функциональность в ядре PostgreSQL. Встроенные в ядро способы генерирования UUID описаны в Разделе 9.14.

Данный модуль считается «доверенным», то есть его могут устанавливать обычные пользователи, имеющие право `CREATE` в текущей базе данных.

F.44.1. Функции `uuid-ossp`

В Таблице F.32 показаны функции, предназначенные для генерации UUID. Четыре алгоритма для генерации UUID, обозначаемые номерами версий 1, 3, 4 и 5, описаны в стандартах ITU-T Rec. X.667, ISO/IEC 9834-8:2005 и RFC 4122. (Алгоритма версии 2 нет.) Каждый из этих алгоритмов предназначен для различных сфер применения.

Таблица F.32. Функции для генерирования UUID

Функция Описание
`uuid_generate_v1` () → uuid Генерирует UUID версии 1. Такой UUID включает в себя MAC-адрес компьютера и текущее время. Заметьте, что UUID такого типа раскрывают «личность» компьютера, создавшего идентификатор, и время этой операции, что может быть неприемлемым для определённых приложений, где важна конфиденциальность.
`uuid_generate_v1mc` () → uuid Генерирует UUID версии 1, но вместо реального MAC-адреса компьютера используется случайный групповой MAC-адрес.
`uuid_generate_v3` (*namespace* uuid, *name* text) → uuid Генерирует UUID версии 3 для заданного пространства имён UUID и указанного имени. Пространство имён должно задаваться одной из специальных констант, которые выдаются функциями `uuid_ns_*()`, перечисленными в Таблице F.33. (Хотя теоретически это может быть любой UUID.) Имя задаёт идентификатор в выбранном пространстве имён. Например: `SELECT uuid_generate_v3(uuid_ns_url(), 'http://www.postgresql.org');` Из параметра name будет получен MD5-хеш, так что из сгенерированного UUID нельзя будет восстановить имя. В генерируемых таким алгоритмом UUID нет элемента случайности или зависимости от окружения, так что они могут быть воспроизведены.
`uuid_generate_v4` () → uuid Генерирует UUID версии 4, который полностью определяется случайными числами.
`uuid_generate_v5` (*namespace* uuid, *name* text) → uuid Генерирует UUID версии 5, который похож на версию 3, но хеш рассчитывается по алгоритму SHA-1. Версия 5 предпочтительнее версии 3, так как SHA-1 считается более безопасным, чем MD5.

Таблица F.33. Функции, возвращающие UUID-константы

Функция Описание
`uuid_nil` () → uuid Выдаёт «нулевой» UUID, который не считается действительным UUID.
`uuid_ns_dns` () → uuid Выдаёт константу, обозначающую пространство имён DNS для UUID.
`uuid_ns_url` () → uuid Выдаёт константу, обозначающую пространство имён URL для UUID.
`uuid_ns_oid` () → uuid Выдаёт константу, обозначающую пространство имён идентификаторов объектов ISO (OID, ISO Object Identifier) для UUID. (Здесь имеются в виду идентификаторы объектов ASN.1, которые никак не связаны с OID, применяемыми в PostgreSQL.)
`uuid_ns_x500` () → uuid Выдаёт константу, обозначающую пространство имён с уникальными именами X.500 для UUID.

F.44.2. Сборка `uuid-ossp`

В прошлом этот модуль зависел от библиотеки OSSP UUID, что отразилось в его имени. Хотя библиотеку OSSP UUID всё ещё можно найти по адресу *http://www.ossp.org/pkg/lib/uuid/*, она плохо поддерживается и её становится всё сложнее портировать на новые платформы. Поэтому модуль `uuid-ossp` теперь на некоторых платформах можно собирать без библиотеки OSSP. Во FreeBSD и некоторых других ОС на базе BSD подходящие функции формирования UUID включены в системную библиотеку `libc`. В Linux, macOS и некоторых других платформах подходящие функции предоставляются библиотекой `libuuid`, которая изначально пришла из проекта `e2fsprogs` (хотя в современных дистрибутивах Linux она является частью пакета `util-linux-ng`). Вызывая `configure`, передайте ключ `--with-uuid=bsd`, чтобы использовать функции BSD, либо `--with-uuid=e2fs`, чтобы использовать `libuuid` из `e2fsprogs`, либо ключ `--with-uuid=ossp`, чтобы использовать библиотеку OSSP UUID. В конкретной системе может быть установлено сразу несколько библиотек, поэтому `configure` не выбирает библиотеку автоматически.

F.44.3. Автор

Питер Эйзентраут `<peter_e@gmx.net>`

F.45. xml2

Модуль `xml2` предоставляет функции для выполнения запросов XPath и преобразований XSLT.

F.45.1. Уведомление об актуальности

Начиная с PostgreSQL 8.3, функциональность, связанная с XML, основана на стандарте SQL/XML и включена в ядро сервера. Эта функциональность охватывает проверку синтаксиса XML и запросы XPath, что в частности делает и этот модуль, но он имеет абсолютно несовместимый API. Этот модуль планируется удалить в будущей версии PostgreSQL в пользу нового стандартного API, так что мы рекомендуем вам попробовать перевести свои приложения на новый API. Если вы обнаружите, что какая-то функциональность этого модуля не представлена новым API в подходящей форме, пожалуйста, напишите о вашем затруднении в `<pgsql-hackers@lists.postgresql.org>`, чтобы этот недостаток был рассмотрен и, возможно, устранён.

F.45.2. Описание функций

Функции, предоставляемые этим модулем, перечислены в Таблице F.34. Эти функции позволяют выполнять простой разбор XML и запросы XPath.

Таблица F.34. Функции `xml2`

Функция Описание
`xml_valid` (*document* `text`) → `boolean` Разбирает текст переданного документа и возвращает true, если это правильно сформированный XML. (Замечание: это псевдоним стандартной функции PostgreSQL `xml_is_well_formed()`. Имя `xml_valid()` технически некорректно, так как понятия правильности формата (well-formed) и допустимости (valid) в XML различаются.)
`xpath_string` (*document* `text`, *query* `text`) → `text` Обрабатывает запрос XPath для переданного документа и приводит результат к типу `text`.
`xpath_number` (*document* `text`, *query* `text`) → `real` Обрабатывает запрос XPath для переданного документа и приводит результат к типу `real`.
`xpath_bool` (*document* `text`, *query* `text`) → `boolean` Обрабатывает запрос XPath для переданного документа и приводит результат к типу `boolean`.
`xpath_nodeset` (*document* `text`, *query* `text`, *toptag* `text`, *itemtag* `text`) → `text` Обрабатывает запрос для документа и помещает результат внутрь XML-тегов. Если результат содержит несколько значений, она выдаст:

Функция Описание

`<toptag>`
`<itemtag>Значение 1, которое может быть фрагментом XML</itemtag>`
`<itemtag>Значение 2....</itemtag>`
`</toptag>`
Если *toptag* или *toptag* — пустая строка, соответствующий тег опускается.

`xpath_nodeset` (*document* text, *query* text, *itemtag* text) → text Подобна `xpath_nodeset(document, query, toptag, itemtag)`, но выводит результат без *toptag*.
`xpath_nodeset` (*document* text, *query* text) → text Подобна `xpath_nodeset(document, query, toptag, itemtag)`, но выводит результат без обоих тегов.
`xpath_list` (*document* text, *query* text, *separator* text) → text Обрабатывает запрос XPath для документа и возвращает несколько значений, вставляя между ними заданный разделитель (*separator*), например: `Значение 1,Значение 2,Значение 3`, если *separator* содержит знак `,`.
`xpath_list` (*document* text, *query* text) → text Это обёртка предыдущей функции, устанавливающая в качестве разделителя знак `,`.

F.45.3. xpath_table

```
xpath_table(text key, text document, text relation, text xpaths, text criteria) returns
 setof record
```

Табличная функция `xpath_table` выполняет набор запросов XPath для каждого из набора документов и возвращает результаты в виде таблицы. В первом столбце результата возвращается первичный ключ из таблицы документов, так что результат оказывается готовым к применению в соединениях. Параметры функции описаны в Таблице F.35.

Таблица F.35. Параметры xpath_table

Параметр	Описание
key	имя «ключевого» поля — содержимое этого поля просто окажется в первом столбце выходной таблицы, то есть оно указывает на запись, из которой была получена определённая выходная строка (см. замечание о нескольких значениях ниже)
document	имя поля, содержащего XML-документ
relation	имя таблицы (или представления), содержащей документы
xpaths	одно или несколько выражений XPath, разделённых символом `|`
criteria	содержимое предложения WHERE. Оно не может быть пустым, так что если вам нужно обработать все строки в отношении, напишите `true` или `1=1`

Эти параметры (за исключением строк XPath) просто подставляются в обычный оператор SQL SELECT, так что у вас есть определённая гибкость — оператор выглядит так:

```
SELECT <key>, <document> FROM <relation> WHERE <criteria>
```

поэтому в этих параметрах можно передать *всё*, что будет корректно воспринято в этих позициях. Этот SELECT должен возвращать ровно два столбца (что и будет иметь место, если только вы не перечислите несколько полей в параметрах key или document). Будьте осторожны — при таком примитивном подходе обязательно нужно проверять все значения, получаемые от пользователя, во избежание атак с инъекцией SQL.

Эта функция предназначена для использования в выражении FROM, с предложением AS, задающим выходные столбцы; например:

```
SELECT * FROM
xpath_table('article_id',
            'article_xml',
            'articles',
            '/article/author|/article/pages|/article/title',
            'date_entered > ''2003-01-01'' ')
AS t(article_id integer, author text, page_count integer, title text);
```

Предложение AS определяет имена и типы столбцов в выходной таблице. Первым определяется «ключевое» поле, а за ним поля, соответствующие запросам XPath. Если запросов XPath больше, чем столбцов в результате, лишние запросы будут игнорироваться. Если же результирующих столбцов больше, чем запросов XPath, дополнительные столбцы принимают значение NULL.

Заметьте, что в этом примере столбец результата page_count определён как целочисленный. Данная функция внутри имеет дело со строковыми значениями, так что, когда вы указываете, что в результате нужно получить целое число, она берёт текстовое представление результата XPath и, применяя функции ввода PostgreSQL, преобразует её в целое число (или в тот тип, который указан в предложении AS). Если она не сможет сделать это, произойдёт ошибка — например, если результат пустой — так что если вы допускаете возможность таких проблем с данными, возможно, будет лучше просто оставить для столбца тип text.

Вызывающий оператор SELECT не обязательно должен быть простым SELECT * — он может обращаться к выходным столбцам по именам и соединять их с другими таблицами. Эта функция формирует виртуальную таблицу, с которой вы можете выполнять любые операции, какие пожелаете (например, агрегировать, соединять, сортировать данные и т. д.). Поэтому возможен и такой запрос:

```
SELECT t.title, p.fullname, p.email
FROM xpath_table('article_id', 'article_xml', 'articles',
                 '/article/title|/article/author/@id',
                 'xpath_string(article_xml,''/article/@date'') > ''2003-03-20'' ')
       AS t(article_id integer, title text, author_id integer),
     tblPeopleInfo AS p
WHERE t.author_id = p.person_id;
```

в качестве более сложного примера. Разумеется, для удобства вы можете завернуть весь этот запрос в представление.

F.45.3.1. Результаты с набором значений

Функция xpath_table рассчитана на то, что результатом каждого запроса XPath может быть набор данных, так что количество возвращённых этой функцией строк может не совпадать с количеством входных документов. В первой строке возвращается первый результат каждого запроса, во второй — второй результат и т. д. Если один из запросов возвращает меньше значений, чем другие, вместо недостающих значений будет возвращаться NULL.

В некоторых случаях пользователь знает, что некоторый запрос XPath будет возвращать только один результат (возможно, уникальный идентификатор документа) — если он используется рядом с запросом XPath, возвращающим несколько результатов, результат с одним значением будет выведен только в первой выходной строке. Чтобы исправить это, можно воспользоваться полем ключа и соединить результат с более простым запросом XPath. Например:

```
CREATE TABLE test (
    id int PRIMARY KEY,
    xml text
);

INSERT INTO test VALUES (1, '<doc num="C1">
<line num="L1"><a>1</a><b>2</b><c>3</c></line>
```

```
<line num="L2"><a>11</a><b>22</b><c>33</c></line>
</doc>');

INSERT INTO test VALUES (2, '<doc num="C2">
<line num="L1"><a>111</a><b>222</b><c>333</c></line>
<line num="L2"><a>111</a><b>222</b><c>333</c></line>
</doc>');

SELECT * FROM
  xpath_table('id','xml','test',
              '/doc/@num|/doc/line/@num|/doc/line/a|/doc/line/b|/doc/line/c',
              'true')
  AS t(id int, doc_num varchar(10), line_num varchar(10), val1 int, val2 int, val3 int)
WHERE id = 1 ORDER BY doc_num, line_num

 id | doc_num | line_num | val1 | val2 | val3
----+---------+----------+------+------+------
  1 | C1      | L1       |    1 |    2 |    3
  1 |         | L2       |   11 |   22 |   33
```

Чтобы получить doc_num в каждой строке, можно вызывать xpath_table дважды и соединить результаты:

```
SELECT t.*,i.doc_num FROM
  xpath_table('id', 'xml', 'test',
              '/doc/line/@num|/doc/line/a|/doc/line/b|/doc/line/c',
              'true')
    AS t(id int, line_num varchar(10), val1 int, val2 int, val3 int),
  xpath_table('id', 'xml', 'test', '/doc/@num', 'true')
    AS i(id int, doc_num varchar(10))
WHERE i.id=t.id AND i.id=1
ORDER BY doc_num, line_num;

 id | line_num | val1 | val2 | val3 | doc_num
----+----------+------+------+------+---------
  1 | L1       |    1 |    2 |    3 | C1
  1 | L2       |   11 |   22 |   33 | C1
(2 rows)
```

F.45.4. Функции XSLT

Если установлена libxslt, доступны следующие функции:

F.45.4.1. xslt_process

```
xslt_process(text document, text stylesheet, text paramlist) returns text
```

Эта функция применяет стиль XSL к документу и возвращает результат преобразования. В paramlist передаётся список присваиваний значений параметрам, которые будут использоваться в преобразовании, в форме a=1,b=2. Учтите, что разбор параметров выполнен очень просто: значения параметров не могут содержать запятые!

Есть также версия xslt_process с двумя аргументами, которая не передаёт никакие параметры преобразованию.

F.45.5. Автор

Джон Грей <jgray@azuli.co.uk>

Разработку этого модуля спонсировала компания Torchbox Ltd. (www.torchbox.com). Этот модуль выпускается под той же лицензией BSD, что и PostgreSQL.

Приложение G. Дополнительно поставляемые программы

В этом и предыдущем приложении содержится информация о программах и модулях, которые можно найти в каталоге `contrib` дистрибутива исходного кода PostgreSQL. Обратитесь к Приложению F за дополнительной информацией о `contrib` в целом и серверных расширениях и подключаемых компонентах внутри `contrib` в частности.

В этом приложении описываются вспомогательные программы, находящиеся в `contrib`. После установки из исходного кода или двоичного пакета их можно найти в подкаталоге `bin` инсталляции PostgreSQL и использовать как любую другую программу.

G.1. Клиентские приложения

В этом разделе рассматриваются клиентские приложения PostgreSQL, размещённые в `contrib`. Их можно запускать откуда угодно, независимо от того, где находится сервер баз данных. Обратитесь также к Справке: «Клиентские приложения PostgreSQL» за информацией о клиентских приложениях, относящихся к ядру дистрибутива PostgreSQL.

oid2name

oid2name — преобразовать в имена OID и номера файловых узлов в каталоге данных PostgreSQL

Синтаксис

`oid2name` [*параметр*...]

Описание

oid2name — вспомогательная программа, помогающая администраторам исследовать структуру файлов PostgreSQL. Чтобы использовать её, необходимо понимать структуру базы данных на уровне файлов, описанную в Главе 69.

> **Примечание**
>
> Имя «oid2name» сложилось исторически и на самом деле вводит в заблуждение, так как чаще всего, используя её, вы будете иметь дело с номерами файловых узлов таблиц (эти номера образуют имена файлов в каталоге баз данных). Необходимо понимать, что OID таблиц отличаются от номеров файловых узлов!

Программа oid2name подключается к целевой базе данных и извлекает информацию об OID, файловых узлах и/или именах таблиц. С её помощью можно также просмотреть OID базы данных или табличного пространства.

Параметры

oid2name принимает следующие аргументы командной строки:

`-f` *файловый_узел*
`--filenode=`*файловый_узел*

показать информацию о таблице, к которой относится *файловый_узел*.

`-i`
`--indexes`

включить в вывод индексы и последовательности.

`-o` *oid*
`--oid=`*oid*

показать информацию о таблице с OID, равным *oid*.

`-q`
`--quiet`

не выводить заголовки (полезно для скриптов).

`-s`
`--tablespaces`

показать OID табличных пространств.

`-S`
`--system-objects`

включить в вывод системные объекты (те, что находятся в схемах `information_schema`, `pg_toast` и `pg_catalog`).

`-t` *шаблон_имён_таблиц*
`--table=`*шаблон_имён_таблиц*

показать информацию о таблицах, подпадающих под *шаблон_имён_таблиц*.

-V
--version

вывести версию oid2name и завершиться.

-x
--extended

вывести дополнительные сведения о каждом показываемом объекте: имя табличного пространства, имя схемы и OID.

-?
--help

вывести справку об аргументах командной строки oid2name и завершиться.

oid2name также принимает в командной строке следующие аргументы, задающие параметры подключения:

-d *база_данных*
--dbname=*база_данных*

целевая база данных.

-h *сервер*
--host=*сервер*

адрес сервера баз данных.

-H *сервер*

адрес сервера баз данных. Этот параметр считается *устаревшим* с 12 версии PostgreSQL.

-p *порт*
--port=*порт*

порт сервера баз данных.

-U *имя_пользователя*
--username=*имя_пользователя*

имя пользователя для подключения.

Чтобы получить информацию об определённых таблицах, выберите их с аргументом -o, -f и/или -t. Параметр -o принимает OID, -f — файловый узел, а -t — имя таблицы (на самом деле он принимает шаблон LIKE, так что в нём можно задать что-то вроде foo%). Вы можете использовать эти аргументы в любом количестве; в вывод будут включены все объекты, соответствующие любым из этих указаний. Но заметьте, что эти аргументы будут выбирать только объекты в базе данных, заданной ключом -d.

Если аргументы -o, -f и -t отсутствуют, но передаётся -d, будут выведены все таблицы в базе данных с именем, заданным в -d. В этом режиме набором выводимых данных управляют параметры -S и -i.

Если отсутствует и аргумент -d, выводится список OID баз данных. Также можно получить список табличных пространств, передав аргумент -s.

Переменные окружения

PGHOST
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Программе oid2name требуется работающий сервер баз данных с исправными системными каталогами. Таким образом, в ситуациях с катастрофическими повреждениями базы данных её использование ограничено.

Примеры

```
$ # Что вообще есть на этом сервере базы данных?
$ oid2name
All databases:
    Oid  Database Name  Tablespace
----------------------------------
  17228       alvherre  pg_default
  17255     regression  pg_default
  17227      template0  pg_default
      1      template1  pg_default

$ oid2name -s
All tablespaces:
     Oid  Tablespace Name
-------------------------
    1663       pg_default
    1664        pg_global
  155151         fastdisk
  155152          bigdisk

$ # Хорошо, давайте взглянем на базу alvherre
$ cd $PGDATA/base/17228

$ # Получим первые 10 объектов базы (отсортированных по размеру) в табличном
 пространстве по умолчанию
$ ls -lS * | head -10
-rw-------  1 alvherre alvherre 136536064 sep 14 09:51 155173
-rw-------  1 alvherre alvherre  17965056 sep 14 09:51 1155291
-rw-------  1 alvherre alvherre   1204224 sep 14 09:51 16717
-rw-------  1 alvherre alvherre    581632 sep  6 17:51 1255
-rw-------  1 alvherre alvherre    237568 sep 14 09:50 16674
-rw-------  1 alvherre alvherre    212992 sep 14 09:51 1249
-rw-------  1 alvherre alvherre    204800 sep 14 09:51 16684
-rw-------  1 alvherre alvherre    196608 sep 14 09:50 16700
-rw-------  1 alvherre alvherre    163840 sep 14 09:50 16699
-rw-------  1 alvherre alvherre    122880 sep  6 17:51 16751

$ # Поинтересуемся, что за файл 155173...
$ oid2name -d alvherre -f 155173
From database "alvherre":
  Filenode  Table Name
----------------------
    155173    accounts

$ # Можно узнать сразу о нескольких объектах
$ oid2name -d alvherre -f 155173 -f 1155291
From database "alvherre":
  Filenode     Table Name
-------------------------
```

```
    155173       accounts
   1155291  accounts_pkey

$ # Можно добавить другие параметры и получить дополнительные подробности с -x
$ oid2name -d alvherre -t accounts -f 1155291 -x
From database "alvherre":
  Filenode     Table Name      Oid  Schema  Tablespace
-------------------------------------------------------
    155173       accounts   155173  public  pg_default
   1155291  accounts_pkey  1155291  public  pg_default

$ # Вычислить объём, который занимает на диске каждый объект БД
$ du [0-9]* |
> while read SIZE FILENODE
> do
>   echo "$SIZE       `oid2name -q -d alvherre -i -f $FILENODE`"
> done
16            1155287  branches_pkey
16            1155289  tellers_pkey
17561            1155291  accounts_pkey
...

$ # То же самое, но с сортировкой по размеру
$ du [0-9]* | sort -rn | while read SIZE FN
> do
>   echo "$SIZE   `oid2name -q -d alvherre -f $FN`"
> done
133466             155173    accounts
17561            1155291  accounts_pkey
1177              16717  pg_proc_proname_args_nsp_index
...

$ # Просмотреть содержимое табличных пространств можно в каталоге pg_tblspc
$ cd $PGDATA/pg_tblspc
$ oid2name -s
All tablespaces:
     Oid  Tablespace Name
-------------------------
    1663       pg_default
    1664        pg_global
  155151         fastdisk
  155152          bigdisk

$ # Объекты каких баз данных находятся в табличном пространстве "fastdisk"?
$ ls -d 155151/*
155151/17228/  155151/PG_VERSION

$ # И что это за база данных 17228?
$ oid2name
All databases:
    Oid  Database Name  Tablespace
----------------------------------
  17228       alvherre  pg_default
  17255     regression  pg_default
  17227      template0  pg_default
      1      template1  pg_default
```

```
$ # Давайте посмотрим, какие объекты этой базы содержатся в данном табличном
 пространстве.
$ cd 155151/17228
$ ls -l
total 0
-rw-------  1 postgres postgres 0 sep 13 23:20 155156

$ # Мда, таблица невелика... и что это за таблица?
$ oid2name -d alvherre -f 155156
From database "alvherre":
  Filenode  Table Name
----------------------
    155156         foo
```

Автор

Б. Палмер <bpalmer@crimelabs.net>

vacuumlo

vacuumlo — удалить потерянные большие объекты из базы данных PostgreSQL

Синтаксис

`vacuumlo` [*параметр*...] *dbname*...

Описание

Программа vacuumlo представляет собой простую утилиту, которая удаляет все «потерянные» большие объекты из базы данных PostgreSQL. Потерянным большим объектом (БО) считается такой БО, OID которого не фигурирует ни в каком столбце `oid` или `lo` в базе данных.

Если вы применяете эту утилиту, вас также может заинтересовать триггер `lo_manage` в модуле lo. Триггер `lo_manage` полезен тем, что стремится предотвратить образование потерянных БО.

Обработке подвергаются все базы данных, перечисленные в командной строке.

Параметры

vacuumlo принимает следующие аргументы командной строки:

`-l` *предел*
`--limit=`*предел*

Удалять в одной транзакции ограниченное количество больших объектов (максимальное количество задаёт *предел*, по умолчанию 1000). Так как сервер запрашивает блокировку для каждого удаляемого БО, удаление слишком большого количества БО в одной транзакции чревато превышением лимита max_locks_per_transaction. Если вы всё же хотите, чтобы все удаления происходили в одной транзакции, установите этот предел, равным нулю.

`-n`
`--dry-run`

Не удалять ничего, только показать, какие операции должны были выполняться.

`-v`
`--verbose`

Выводить подробные сообщения о прогрессе.

`-V`
`--version`

Вывести версию vacuumlo и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки vacuumlo и завершиться.

vacuumlo также принимает в командной строке следующие аргументы, задающие параметры подключения:

`-h` *сервер*
`--host=`*сервер*

Адрес сервера баз данных.

`-p` *порт*
`--port=`*порт*

Порт сервера баз данных.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как vacuumlo запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако чтобы понять это, vacuumlo лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Переменные окружения

`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 33.14).

Переменная окружения `PG_COLOR` выбирает вариант использования цвета в диагностических сообщениях. Возможные значения: `always` (всегда), `auto` (автоматически) и `never` (никогда).

Примечания

Программа vacuumlo работает следующим образом: сначала vacuumlo строит временную таблицу, содержащую все OID больших объектов в выбранной базе данных. Затем она сканирует все столбцы в базе данных, имеющие тип `oid` или `lo`, и удаляет соответствующие записи из временной таблицы. (Замечание: рассматриваются только типы именно с такими именами, а не, например, домены на их базе.) Оставшиеся записи во временной таблице указывают на потерянные БО, которые затем и удаляются.

Автор

Питер Маунт `<peter@retep.org.uk>`

G.2. Серверные приложения

В этом разделе рассматриваются приложения, связанные с функциональностью сервера PostgreSQL и размещённые в `contrib`. Они обычно запускаются в той же системе, где работает сервер баз данных. Обратитесь также к Справке: «Серверные приложения PostgreSQL» за информацией о серверных приложениях, относящихся к ядру дистрибутива PostgreSQL.

pg_standby

pg_standby — поддерживает создание сервера тёплого резерва PostgreSQL

Синтаксис

`pg_standby` [*параметр*...] *расположение_архива* *следующий_файл_wal* *каталог_wal* [*файл_перезапуска_wal*]

Описание

Программа pg_standby поддерживает создание сервера в режиме «тёплого резерва». Она предназначена как для непосредственного применения в производственной среде, так и для использования в качестве настраиваемой заготовки, когда требуются специальные модификации.

pg_standby ожидает выполнения команды `restore_command`, которая, в свою очередь, нужна для перехода от стандартного восстановления архива к режиму тёплого резерва. Для этого также требуется другая настройка, которая описывается в основном руководстве сервера (см. Раздел 26.2).

Чтобы настроить резервный сервер на использование pg_standby, поместите эту строку в его файл конфигурации `postgresql.conf`:

```
restore_command = 'pg_standby каталог_архива %f %p %r'
```

Здесь *каталог_архива* — каталог, из которого должны восстанавливаться сегменты WAL.

Если указывается *файл_перезапуска_wal*, обычно с помощью макроса `%r`, тогда все файлы WAL, предшествующие указанному, будут удалены из каталога *расположение_архива*. Это позволяет сократить число сохраняемых файлов без потери возможности восстановления при перезапуске. Такой вариант использования уместен, когда *расположение_архива* указывает на область рабочих файлов конкретного резервного сервера, но *не* когда *расположение_архива* — каталог с архивом WAL для долговременного хранения.

pg_standby рассчитывает на то, что *расположение_архива* доступно для чтения пользователю, владеющему серверным процессом. Если указывается *файл_перезапуска_wal* (или `-k`), каталог *расположение_архива* должен быть также доступен для записи.

При отказе ведущего сервера переключение на сервер «тёплого резерва» возможно двумя способами:

Умное переключение

> При умном переключении сервер включается в работу, применив изменения из всех файлов WAL, имеющихся в архиве. В результате никакие данные не теряются, даже если данный резервный сервер отстал, но если применить нужно большое количество изменений WAL, подготовка к работе может быть длительной. Чтобы вызвать умное переключение, создайте файл-триггер, содержащий слово `smart`, либо просто пустой файл.

Быстрое переключение

> При быстром переключении сервер включается в работу немедленно. Все ещё не применённые файлы WAL в архиве будут игнорироваться, и все транзакции в этих файлах будут потеряны. Чтобы вызвать быстрое переключение, создайте файл-триггер и запишите в него слово `fast`. Программу pg_standby можно также настроить так, чтобы быстрое переключение происходило автоматически, если за определённое время не появляется новый файл WAL.

Параметры

pg_standby принимает следующие аргументы командной строки:

`-c`

Применять для восстановления файлов WAL из архива команду `cp` или `copy`. На данный момент поддерживается только это поведение, так что этот параметр бесполезен.

`-d`

Выводить подробные отладочные сообщения в `stderr`.

`-k`

Удалить файлы из каталога *`расположение_архива`*, чтобы в нём осталось не больше заданного числа файлов WAL, предшествующих текущему. Ноль (по умолчанию) означает, что не нужно удалять никакие файлы из каталога *`расположение_архива`*. Этот параметр будет просто игнорироваться, если указан *`файл_перезапуска_wal`*, так как этот метод более точно определяет правильную точку отсечения архива. Этот параметр считается *устаревшим* с PostgreSQL 8.3; надёжнее и эффективнее использовать параметр *`файл_перезапуска_wal`*. При слишком маленьком значении данного параметра могут быть удалены файлы, требующиеся для перезапуска резервного сервера, тогда как при слишком большом будет неэффективно расходоваться место в архиве.

`-r` *`макс_повторов`*

Устанавливает, сколько раз максимум нужно повторять команду copy в случае ошибки (по умолчанию 3). После каждой ошибки программа приостанавливается на *`время_задержки`* * *`число_повторов`*, так что время ожидания постепенно увеличивается. По умолчанию она ждёт 5, 10, затем 15 секунд, и только потом сообщает резервному серверу об ошибке. Это событие будет воспринято как завершение восстановления, и в результате резервный сервер полностью включится в работу.

`-s` *`время_задержки`*

Задаёт количество секунд (до 60, по умолчанию 5) для паузы между проверками наличия файла WAL в архиве. Значение по умолчанию не обязательно наилучшее; за подробностями обратитесь к Разделу 26.2.

`-t` *`файл_триггер`*

Указывает файл-триггер, при появлении которого должна начаться отработка отказа. Имя этого файла рекомендуется выбирать по определённой схеме, позволяющей однозначно понять, для какого сервера вызывается отработка отказа, когда таких серверов в одной системе несколько; например, `/tmp/pgsql.trigger.5432`.

`-V`
`--version`

Вывести версию pg_standby и завершиться.

`-w` *`макс_время_ожидания`*

Задаёт максимальное время ожидания (в секундах) следующего файла WAL, по истечении которого будет произведено быстрое переключение. При нуле (значении по умолчанию) ожидание бесконечно. Значение по умолчанию не обязательно наилучшее; за подробностями обратитесь к Разделу 26.2.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки pg_standby и завершиться.

Примечания

Программа pg_standby предназначена для работы с PostgreSQL 8.2 и новее.

С PostgreSQL, начиная с 8.3, можно использовать макрос `%r`, который позволяет pg_standby узнать, какой последний файл нужно сохранять. Для PostgreSQL 8.2, если требуется очищать архив, нужно применять параметр `-k`. Этот параметр сохранился и после 8.3, но теперь он считается устаревшим.

PostgreSQL, начиная с 8.4, поддерживает параметр `recovery_end_command`. В нём можно задать команду, удаляющую файл-триггер во избежание ошибок.

Программа pg_standby написана на C; её исходный код легко поддаётся модификации (он содержит секции, предназначенные для изменения при надобности)

Примеры

В системах Linux или Unix можно использовать команды:

```
archive_command = 'cp %p .../archive/%f'

restore_command = 'pg_standby -d -s 2 -t /tmp/pgsql.trigger.5442 .../archive %f %p %r
 2>>standby.log'

recovery_end_command = 'rm -f /tmp/pgsql.trigger.5442'
```

Предполагается, что каталог архива физически располагается на резервном сервере, так что команда `archive_command` обращается к нему по NFS, но для резервного сервера эти файлы локальные (для этого применяется `ln`). Эти команды будут:

- выводить отладочную информацию в `standby.log`
- ждать 2 секунды между проверками появления следующего файла WAL
- прекращать ожидание, только когда появляется файл-триггер с именем `/tmp/pgsql.trigger.5442`, и выполнить переключение согласно его содержимому
- удалять файл-триггер по завершении восстановления
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

В Windows можно использовать такие команды:

```
archive_command = 'copy %p ...\\archive\\%f'

restore_command = 'pg_standby -d -s 5 -t C:\pgsql.trigger.5442 ...\archive %f %p %r
 2>>standby.log'

recovery_end_command = 'del C:\pgsql.trigger.5442'
```

Заметьте, что обратную косую черту нужно дублировать в `archive_command`, но *не* в `restore_command` или `recovery_end_command`. Эти команды будут:

- применять команду `copy` для восстановления файлов WAL из архива
- выводить отладочную информацию в `standby.log`
- ждать 5 секунд между проверками появления следующего файла WAL
- прекращать ожидание, только когда появляется файл-триггер с именем `C:\pgsql.trigger.5442`, и выполнить переключение согласно его содержимому
- удалять файл-триггер по завершении восстановления
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

Команда `copy` в Windows устанавливает окончательный размер файла до того, как файл будет окончательно скопирован, что обычно сбивает с толку pg_standby. Поэтому pg_standby ждёт *`время_задержки`* после того, как увидит подходящий размер файла. Команда `cp` из GNUWin32 устанавливает размер файла, только когда завершает копирование.

Так как в примере для Windows с обеих сторон применяется `copy`, любой или оба этих сервера могут обращаться к каталогу архива по сети.

Автор

Саймон Риггс <simon@2ndquadrant.com>

См. также

pg_archivecleanup

Приложение H. Внешние проекты

PostgreSQL — сложный программный проект, управлять которым довольно непросто. Поэтому мы пришли к заключению, что многие дополнения и усовершенствования PostgreSQL будет эффективнее разрабатывать отдельно от основного проекта.

H.1. Клиентские интерфейсы

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены только два клиентских интерфейса:

- libpq включён, потому что это основной интерфейс языка C и многие другие клиентские интерфейсы построены на основе него.
- ECPG включён, потому что он зависит от грамматики языка SQL на стороне сервера, и таким образом, очень чувствителен к изменениям в самом PostgreSQL.

Все остальные языковые интерфейсы разрабатываются в отдельных проектах и распространяются отдельно. Актуальный *список языковых интерфейсов* находится на странице проекта PostgreSQL wiki. Заметьте, что какие-то проекты могут выпускаться под лицензией, отличной от лицензии PostgreSQL. За дополнительной информацией о каждом языковом интерфейсе, включая условия лицензии, обратитесь к его сайту и документации.

https://wiki.postgresql.org/wiki/List_of_drivers

H.2. Средства администрирования

Для PostgreSQL доступны различные инструменты администрирования. Наиболее популярен из них *pgAdmin*, но есть и ряд других, в том числе коммерческих решений.

H.3. Процедурные языки

Базовый дистрибутив PostgreSQL включает несколько процедурных языков: PL/pgSQL, PL/Tcl, PL/Perl и PL/Python.

Кроме того, вне основного дистрибутива PostgreSQL разрабатываются и поддерживаются несколько процедурных языков. Актуальный *список процедурных языков* находится на странице проекта PostgreSQL wiki. Заметьте, что какие-то проекты могут выпускаться под лицензией, отличной от лицензии PostgreSQL. За дополнительной информацией о каждом процедурном языке, включая условия лицензии, обратитесь к его сайту и документации.

https://wiki.postgresql.org/wiki/PL_Matrix

H.4. Расширения

PostgreSQL проектируется так, чтобы его можно было легко расширять. Как результат, расширения, загружаемые в базу данных, могут функционировать в точности так же, как и встроенные функции. Каталог `contrib/`, включённый в дерево исходного кода, содержит несколько расширений, описанных в Приложении F. Другие расширения разрабатываются независимо, как например, *PostGIS*. PostgreSQL позволяет разрабатывать независимо даже решения по репликации. Например, *Slony-I* — популярное средство репликации по схеме главный/резервный, разрабатываемое отдельно от основного проекта.

Приложение I. Репозиторий исходного кода

Исходный код PostgreSQL хранится и управляется системой управления версиями Git. В Интернете доступно открытое зеркало главного репозитория, которое обновляется в течение минуты после изменения в главном репозитории.

Работа с Git описывается в нашей вики, на странице *https://wiki.postgresql.org/wiki/Working_with_Git*.

Заметьте, что для сборки PostgreSQL из репозитория исходного кода требуются достаточно современные версии программ bison, flex и Perl. Эти программы не требуются для сборки из дистрибутивного архива, так как в этот архив уже включены файлы, создаваемые указанными программами. Остальные требования к программному обеспечению не отличаются от описанных в Разделе 16.2.

I.1. Получение исходного кода из Git

С Git вы получаете на своём компьютере копию всего репозитория кода, так что вы будете иметь автономный доступ ко всем ветвям и истории разработки. Это позволяет максимально быстро и гибко разрабатывать или тестировать правки кода.

Git

1. Вам потребуется установленная версия Git (её можно получить, обратившись к сайту *https://git-scm.com*). Во многих системах последняя версия Git устанавливается по умолчанию, либо имеется в системе распространения пакетов.
2. Чтобы начать работу с репозиторием Git, сделайте копию официального зеркала:

   ```
   git clone https://git.postgresql.org/git/postgresql.git
   ```

   При этом на ваш компьютер будет скопирован весь репозиторий, так что это может занять некоторое время, особенно при медленном подключении к Интернету. Загруженные файлы будут помещены в новый подкаталог `postgresql` внутри текущего каталога.

   К зеркалу Git также можно обратиться по протоколу Git. Просто смените префикс в адресе на `git`:

   ```
   git clone git://git.postgresql.org/git/postgresql.git
   ```
3. Когда вы захотите получить последние обновления, перейдите в каталог репозитория (выполнив `cd`) и запустите:

   ```
   git fetch
   ```

Git может гораздо больше, нежели просто получить исходный код. За дополнительными сведениями обратитесь к страницам руководства man Git или к сайту *https://git-scm.com*.

Приложение J. Документация

Документация PostgreSQL публикуется в четырёх основных форматах:

- Простой текст, для информации перед установкой
- HTML, для справки, поиска и просмотра в Интернете
- PDF, для печати
- Страницы руководства man, для быстрой справки.

Кроме того, в дереве исходного кода PostgreSQL можно найти несколько простых текстовых файлов `README`, освещающих различные вопросы реализации.

Документация в HTML и страницы man входят в состав стандартного дистрибутива и устанавливаются по умолчанию. Документацию в формате PDF можно загрузить отдельно.

J.1. DocBook

Исходный материал документации создаётся в *DocBook*, языке разметки на базе XML. Далее термины DocBook и XML используются как синонимы, но технически они обозначают не одно и то же.

Формат DocBook позволяет авторам определять структуру и содержимое технического документа, не заботясь о деталях представления. Как это содержимое будет представлено в различных конечных формах, определяет стиль документа. DocBook поддерживается *группой OASIS*. На *официальном сайте DocBook* имеется хорошая вводная и справочная документация, а также полная книга издательства O'Рейли для чтения в электронном виде. Кроме того, в *Проекте документации FreeBSD* (FreeBSD Documentation Project) также применяется формат DocBook и даются полезные сведения, включая ряд замечаний по стилю, которые стоит принять во внимание.

J.2. Инструментарий

Для обработки документации применяются следующие средства. Некоторые из них могут быть необязательными, как отмечено ниже.

DTD для DocBook

Это полное определение самого формата DocBook. В настоящее время мы применяем версию 4.5; более ранняя или более поздняя версия не подойдёт. Использовать нужно XML-вариацию определения DocBook DTD (не SGML).

Таблицы стилей DocBook XSL

Они содержат инструкции обработки для преобразования исходных материалов DocBook в другие форматы, например, в HTML.

На данный момент требуется версия как минимум 1.77.0, но для лучшего результата рекомендуется использовать последнюю доступную версию.

Libxml2 для `xmllint`

Эта библиотека и включённая в неё утилита `xmllint` применяются для обработки XML. У многих разработчиков библиотека Libxml2 уже установлена, потому что она также используются при сборке кода PostgreSQL. Заметьте, однако, что `xmllint` может потребоваться установить из отдельного пакета.

Libxslt для `xsltproc`

`xsltproc` — процессор XSLT, то есть программа, преобразующая XML в другие форматы с применением таблиц стилей XSLT.

FOP

Это программа для преобразования, в том числе и XML в PDF. Она требуется только для сборки документации в формате PDF.

Ниже мы опишем различные варианты установки программного обеспечения, необходимого для обработки документации. Эти программы могут распространяться и в других пакетах. Пожалуйста, сообщите о состоянии конкретного пакета в список рассылки, посвящённый документации, и мы добавим эту информацию сюда.

J.2.1. Установка в Fedora, RHEL и производных системах

Чтобы установить требуемые пакеты, выполните:

```
yum install docbook-dtds docbook-style-xsl libxslt fop
```

J.2.2. Установка во FreeBSD

Чтобы установить требуемые пакеты, используя `pkg`, выполните:

```
pkg install docbook-xml docbook-xsl libxslt fop
```

Собирая документацию из каталога `doc`, вы должны применять `gmake`, так как существующий Makefile не подходит для `make`, имеющегося во FreeBSD.

J.2.3. Пакеты Debian

Для Debian GNU/Linux имеется полный набор пакетов инструментария сборки документации. Чтобы установить их, просто выполните:

```
apt-get install docbook-xml docbook-xsl libxml2-utils xsltproc fop
```

J.2.4. macOS

Если вы используете систему MacPorts, вы можете получить всё необходимое так:

```
sudo port install docbook-xml docbook-xsl-nons libxslt fop
```

Если вы используете Homebrew, выполните:

```
brew install docbook docbook-xsl libxslt fop
```

Для программ, устанавливаемых с помощью Homebrew, требуется установить следующую переменную среды. Для компьютеров на базе Intel:

```
export XML_CATALOG_FILES=/usr/local/etc/xml/catalog
```

Для компьютеров на базе Apple Silicon:

```
export XML_CATALOG_FILES=/opt/homebrew/etc/xml/catalog
```

Без этой переменной `xsltproc` будет выдавать такие ошибки:

```
I/O error : Attempt to load network entity http://www.oasis-open.org/docbook/xml/4.5/
docbookx.dtd
postgres.sgml:21: warning: failed to load external entity "http://www.oasis-open.org/
docbook/xml/4.5/docbookx.dtd"
...
```

Хотя можно использовать версии `xmllint` и `xsltproc` от Apple вместо версий от MacPorts или Homebrew, вам всё равно потребуется установить DocBook DTD и стили, а также настроить файл каталога, который будет на них указывать.

J.2.5. Проверка условий `configure`

Прежде чем вы сможете собрать документацию, вы должны запустить скрипт `configure` так же, как это нужно сделать для сборки программной части PostgreSQL. Обратите внимание на сообщения, выводимые ближе к концу. Вы должны увидеть примерно следующее:

```
checking for xmllint... xmllint
checking for xsltproc... xsltproc
checking for fop... fop
checking for dbtoepub... dbtoepub
```

Если программа `xmllint` или `xsltproc` не будет обнаружена, вы не сможете собрать документацию в каком-либо виде. Программа `fop` требуется только для сборки документации в формате PDF, а `dbtoepub` нужна только для формата EPUB.

При необходимости вы можете указать `configure`, где находятся эти программы, например так:

```
./configure ... XMLLINT=/opt/local/bin/xmllint ...
```

J.3. Сборка документации

Завершив все подготовительные действия, перейдите в каталог `doc/src/sgml` и запустите одну из команд сборки, описанных в следующих подразделах. (Помните, что для сборки нужно использовать GNU make.)

J.3.1. HTML

Чтобы собрать HTML-версию документации:

```
doc/src/sgml$ make html
```

Эта цель сборки также выбирается по умолчанию. Результат помещается в подкаталог `html`.

Чтобы получить HTML-документацию со стилем оформления, используемым на сайте *postgresql.org*, вместо простого стандартного стиля, выполните:

```
doc/src/sgml$ make STYLE=website html
```

В случае использования указания `STYLE=website` создаваемые HTML-файлы будут ссылаться на стили, размещённые на сайте *postgresql.org*, и для просмотра этих файлов потребуется доступ к сети.

J.3.2. Страницы man

Для преобразования страниц DocBook `refentry` в формат *roff, подходящий для страниц man, мы используем стили DocBook XSL. Чтобы создать страницы man, выполните команду:

```
doc/src/sgml$ make man
```

J.3.3. PDF

Чтобы получить документацию в формате PDF, используя FOP, выполните одну из следующих команд, в зависимости от предпочитаемого размера бумаги:

- Для формата A4:

  ```
  doc/src/sgml$ make postgres-A4.pdf
  ```

- Для формата U.S. letter:

  ```
  doc/src/sgml$ make postgres-US.pdf
  ```

Так как документация PostgreSQL весьма объёмна, процессору FOP для её обработки требуется много памяти. Поэтому в некоторых системах сборка может прерваться ошибкой, связанной с памятью. Обычно это можно исправить, увеличив объём области кучи Java в файле конфигурации `~/.foprc`, например:

```
# Бинарный пакет FOP
FOP_OPTS='-Xmx1500m'
# Debian
```

```
JAVA_ARGS='-Xmx1500m'
# Red Hat
ADDITIONAL_FLAGS='-Xmx1500m'
```

Некоторый объём памяти является минимально необходимым, а если задать больший объём, возможно даже некоторое ускорение сборки. В системах с очень маленьким объёмом памяти (меньше 1 ГБ) сборка либо будет слишком медленной из-за подкачки, либо вообще не будет осуществляться.

Также можно воспользоваться другими процессорами XSL-FO, запуская их вручную, но автоматическая процедура сборки поддерживает только FOP.

J.3.4. Простые текстовые файлы

Инструкции по установке также распространяются в виде обычного текста, на случай, если они понадобятся в ситуации, когда под рукой не окажется средств просмотра более удобного формата. Файл `INSTALL` соответствует Главе 16, с небольшими изменениями, внесёнными с учётом другого контекста. Чтобы пересоздать этот файл, перейдите в каталог `doc/src/sgml` и введите **make INSTALL**. Для получения текстового формата вам дополнительно потребуется Pandoc версии 1.13 или новее.

В прошлом примечания к выпуску и инструкции по регрессионному тестированию также распространялись в виде простых текстовых файлов, но эта практика была прекращена.

J.3.5. Проверка синтаксиса

Сборка всей документации может занять много времени. Но если нужно проверить только синтаксис файлов документации, это можно сделать всего за несколько секунд:

```
doc/src/sgml$ make check
```

J.4. Написание документации

Для редактирования исходных файлов документации удобнее всего использовать редактор с режимом редактирования XML, особенно если он также поддерживает языки схем XML, в частности синтаксис DocBook.

Заметьте, что по историческим причинам исходные файлы документации имеют расширение `.sgml`, хотя сейчас в них используется синтаксис XML. В связи с этим может потребоваться изменить параметры редактора при выборе подходящего режима.

J.4.1. Emacs

Для редактирования документов XML в Emacs наиболее популярным режимом является nXML. Он позволяет вставлять теги и проверять корректность разметки, а также имеет встроенную поддержку DocBook. Подробную документацию вы можете найти в *руководстве nXML*.

Рекомендованные параметры для данного режима можно посмотреть в `src/tools/editors/emacs.samples`.

J.5. Руководство по стилю

J.5.1. Справочные страницы

Справочные страницы должны следовать единой структуре. Это позволит пользователям быстрее находить нужную информацию и также подталкивает авторов к описанию всех аспектов команды. При этом важна согласованность не только справочных страниц PostgreSQL между собой, но также и со справочными страницами, предоставляемыми операционной системой и другим пакетами. В соответствии с этими требованиями и были разработаны следующие рекомендации. По большей части они соответствуют рекомендациям, сопровождающим документацию различных операционных систем.

Справочные страницы, описывающие исполняемые команды, должны содержать следующие разделы, в указанном порядке. Разделы, неуместные для данной команды, могут опускаться. Дополнительные разделы верхнего уровня могут использоваться только в особых случаях; часто эта информация помещается в раздел «Использование».

Имя

Этот раздел генерируется автоматически. Он содержит имя команды и краткое (в полпредложения) описание её функциональности.

Синтаксис

В этом разделе представляется синтаксическая диаграмма команды. Обычно в нём не указываются все аргументы командной строки, они перечисляются ниже. Вместо этого, здесь обозначаются основные компоненты командной строки, например, входные и выходные файлы.

Описание

Состоящее из нескольких абзацев описание действия команды.

Параметры

Список всех аргументов командной строки с описанием. Если аргументов очень много, их можно разделить на подразделы.

Код завершения

Если программа возвращает 0 в случае успеха и ненулевое значение при ошибке, описывать это не нужно. Если же различные ненулевые коды возврата имеют определённые значения, опишите их в этом разделе.

Использование

В этом разделе описывается встроенный язык или внутренний интерфейс программы. Если программа неинтерактивная, этот раздел обычно можно опустить. В противном случае он может включать всеобъемлющее описание возможностей времени выполнения. Если это уместно, в нём можно использовать подразделы.

Переменные окружения

Список всех переменных окружения, которые может использовать эта программа. Постарайтесь сделать его полным — даже кажущиеся очевидными переменные вроде `SHELL` могут быть интересны пользователю.

Файлы

Список всех файлов, к которым программа может обращаться неявно. То есть, здесь нужно перечислять не входные и выходные файлы, передаваемые в командной строке, а файлы конфигурации и т. п.

Диагностика

В этом разделе можно объяснить необычные сообщения, которые может выдавать программа. Воздержитесь от разъяснения вообще всех сообщений об ошибках. Это потребует больших усилий, но принесёт мало практической пользы. Но если, скажем, сообщения об ошибках имеют определённый формат, который может быть разобран, об этом можно рассказать здесь.

Примечания

Всё, что не подходит для других разделов, но особенно описание ошибок, недостатков реализации, соображения безопасности и вопросы совместимости.

Примеры

Примеры

История

Если в истории программы были значительные вехи, о них можно рассказать здесь. Обычно этот раздел можно опустить.

Автор

Автор (используется только в разделе внешних разработок (contrib))

См. также

Перекрёстные ссылки, перечисленные в следующем порядке: справочные страницы других команд PostgreSQL, справочные страницы SQL-команд PostgreSQL, цитаты из руководств PostgreSQL, другие справочные страницы (например, относящиеся к операционной системе и другим пакетам), другая документация. Пункты внутри одной группы перечисляются в алфавитном порядке.

Справочные страницы, описывающие команды SQL, должны содержать следующие разделы: Название, Синтаксис, Описание, Параметры, Результаты, Замечания, Примеры, Совместимость, История, См. также. Раздел «Параметры» похож на раздел «Аргументы» в описании исполняемых команд, но в нём можно выбирать, какие именно предложения команды описывать. Раздел «Результаты» может потребоваться, только если команда возвращает результат, отличный от стандартного тега завершения команды. В разделе «Совместимость» следует отметить, в какой степени описываемая команда соответствует стандарту SQL, или с какими другими СУБД она совместима. В разделе «См. также» следует привести ссылки на связанные команды SQL (до ссылок на команды).

Приложение K. Ограничения PostgreSQL

В Таблице K.1 описываются различные жёсткие ограничения PostgreSQL. Однако раньше этих абсолютных лимитов на практике могут достигаться другие, например, предел производительности или доступного объёма дискового хранилища.

Таблица K.1. Ограничения PostgreSQL

Объект	Верхний предел	Комментарий
размер базы данных	без ограничений	
количество баз данных	4 294 950 911	
отношений в базе данных	1 431 650 303	
размер отношения	32 ТБ	со значением `BLCKSZ` по умолчанию, равным 8192 байта
строк в таблице	ограничивается количеством кортежей, которое может уместиться в 4 294 967 295 страниц	
столбцов в таблице	1600	дополнительно ограничивается размером кортежа, который может уместиться в одной странице; см. примечание ниже
столбцов в наборе результатов	1664	
размер поля	1 ГБ	
индексов в таблице	без ограничений	ограничивается максимальным количеством отношений в базе данных
столбцов в индексе	32	может быть увеличена при перекомпиляции PostgreSQL
ключей секционирования	32	может быть увеличена при перекомпиляции PostgreSQL
длина идентификатора	63 байта	может быть увеличена при перекомпиляции PostgreSQL
аргументы функции	100	может быть увеличена при перекомпиляции PostgreSQL
параметры запроса	65535	

Максимальное количество столбцов таблицы дополнительно уменьшается в связи с тем, что сохраняемый кортеж должен умещаться в одной странице размером 8192 байта. Например, если не учитывать размер заголовка, кортеж, состоящий из 1600 столбцов `int`, будет занимать 6400 байт и поместится в странице кучи, тогда как 1600 столбцов `bigint` займут 12800 байт и в одной странице не поместятся. Поля переменной длины, например типов `text`, `varchar` и `char`, могут храниться отдельно, в таблице TOAST, когда их значения достаточно велики для этого. При этом внутри кортежа кучи должен остаться только 18-байтовый указатель. Для более коротких значений полей переменной длины используется заголовок из 1 или 4 байт, и само значение сохраняется внутри кортежа в куче.

Максимальное количество столбцов может также зависеть от числа столбцов, удалённых из таблицы. И хотя значения удалённых столбцов для создаваемых впоследствии кортежей не хранятся, а только помечаются как NULL в специальной битовой карте, эта карта тоже занимает место.

Теоретически каждая таблица может хранить до 2^32 отделённых значений. Более подробно такие значения описаны в Разделе 69.2. Данное ограничение вызвано использованием 32-битных OID для идентификации каждого такого значения. В реальности же лимит значительно ниже, поскольку как только всё пространство для OID занято, найти свободный OID становится сложно, что замедляет работу операторов INSERT/UPDATE. Обычно это происходит только с таблицами объёмом в несколько терабайт. Возможным обходным решением может быть секционирование.

Приложение L. Сокращения

Ниже перечислены сокращения, часто используемые в документации PostgreSQL, и в обсуждениях, связанных с PostgreSQL.

ANSI

American National Standards Institute, Американский национальный институт стандартов

API

Application Programming Interface, *Интерфейс программирования приложений*

ASCII

American Standard Code for Information Interchange, *Американский стандартный код для обмена информацией*

BKI

Backend Interface, Внутренний интерфейс

CA

Certificate Authority, *Центр сертификации*

CIDR

Classless Inter-Domain Routing, *Бесклассовая междоменная маршрутизация*

CPAN

Comprehensive Perl Archive Network, Всеобъемлющая сеть архивов Perl

CRL

Certificate Revocation List, Список отозванных сертификатов

CSV

Comma Separated Values, *Значения, разделённые запятыми*

CTE

Common Table Expression, Общее табличное выражение

CVE

Common Vulnerabilities and Exposures, Общие уязвимости и риски

DBA

Database Administrator, *Администратор баз данных*

DBI

Database Interface (Perl), Интерфейс баз данных (Perl)

DBMS

Database Management System, *Система управления базами данных*

DDL

Data Definition Language, *Язык описания данных*, включающий такие команды SQL, как `CREATE TABLE`, `ALTER USER`

DML

Data Manipulation Language, *Язык обработки данных*, включающий такие SQL-команды, как `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`

DST

Daylight Saving Time, *Летнее время*

ECPG

Embedded C for PostgreSQL, Встроенный C для PostgreSQL

ESQL

Embedded SQL, *Встраиваемый SQL*

FAQ

Frequently Asked Questions, *Часто задаваемые вопросы*

FSM

Free Space Map, Карта свободного пространства

GEQO

Genetic Query Optimizer, Генетический оптимизатор запросов

GIN

Generalized Inverted Index, Обобщённый инвертированный индекс

GiST

Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска

Git

Git

GMT

Greenwich Mean Time, *Среднее время по Гринвичу*

GSSAPI

Generic Security Services Application Programming Interface, *Универсальный интерфейс программирования приложений служб безопасности*

GUC

Grand Unified Configuration, Главная унифицированная конфигурация, подсистема PostgreSQL, управляющая конфигурацией сервера

HBA

Host-Based Authentication, Аутентификация по сетевым узлам

HOT

Кортежи только в куче

IEC

International Electrotechnical Commission, *Международная электротехническая комиссия*

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Институт инженеров по электротехнике и электронике

IPC

Inter-Process Communication, *Межпроцессное взаимодействие*

ISO

International Organization for Standardization, Международная организация по стандартизации

ISSN

International Standard Serial Number, *Международный стандартный серийный номер*

JDBC

Java Database Connectivity, *Соединение с базами данных на Java*

JIT

Just-in-Time compilation, *JIT-компиляция*

JSON

>JavaScript Object Notation, *Представление объектов в JavaScript*

LDAP

Lightweight Directory Access Protocol, *Облегчённый протокол доступа к каталогам*

LSN

Log Sequence Number, Последовательный номер в журнале; см. `pg_lsn` и Внутреннее устройство WAL.

MSVC

Microsoft Visual C

MVCC

Multi-Version Concurrency Control, Многоверсионное управление конкурентным доступом

NLS

National Language Support, *Поддержка национальных языков*

ODBC

Open Database Connectivity, *Открытое соединение с базами данных*

OID

Object Identifier, Идентификатор объекта

OLAP

Online Analytical Processing, *Непосредственная аналитическая обработка*

OLTP

Online Transaction Processing, *Непосредственная транзакционная обработка*

ORDBMS

Object-Relational Database Management System, *Объектно-реляционная система управления базами данных*

PAM

Pluggable Authentication Modules, *Подключаемые модули аутентификации*

PGSQL

PostgreSQL

PGXS

PostgreSQL Extension System, Система расширений PostgreSQL

PID

Process Identifier, *Идентификатор процесса*

PITR

Point-In-Time Recovery, Восстановление на момент времени (Непрерывное архивирование)

PL

Procedural Languages, Процедурные языки (на стороне сервера)

POSIX

Portable Operating System Interface, *Переносимый интерфейс операционных систем*

RDBMS

Relational Database Management System, *Реляционная система управления базами данных*

RFC

Request For Comments, *Рабочее предложение*

SGML

Standard Generalized Markup Language, *Стандартный обобщённый язык разметки*

SPI

Server Programming Interface, Интерфейс программирования сервера

SP-GiST

Space-Partitioned Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска с секционированием пространства

SQL

Structured Query Language, *Язык структурированных запросов*

SRF

Set-Returning Function, Функция, возвращающая множество

SSH

Secure Shell, *Защищённая оболочка*

SSL

Secure Sockets Layer, *Уровень защищённых сокетов*

SSPI

Security Support Provider Interface, Интерфейс поставщика поддержки безопасности

SYSV

Unix System V

TCP/IP

Transmission Control Protocol (TCP) / Internet Protocol (IP), *Протокол управления передачей/Межсетевой протокол*

TID

Tuple Identifier, Идентификатор кортежа

TLS

Transport Layer Security, *Протокол защиты транспортного уровня*

TOAST

The Oversized-Attribute Storage Technique, Методика хранения сверхбольших атрибутов

TPC

Transaction Processing Performance Council, Совет по оценке производительности обработки транзакций

URL

Uniform Resource Locator, *Универсальный указатель ресурса*

UTC

Coordinated Universal Time, *Универсальное координированное время*

UTF

Unicode Transformation Format, Формат преобразования Unicode

UTF8

Eight-Bit Unicode Transformation Format, *Восьмибитный формат преобразования Unicode*

UUID

Universally Unique Identifier, Универсальный уникальный идентификатор

WAL

Write-Ahead Log, Журнал предзаписи

XID

Transaction Identifier, Идентификатор транзакции

XML

Extensible Markup Language, *Расширяемый язык разметки*

Приложение M. Глоссарий

Ниже представлен перечень терминов с описанием их значений в контексте PostgreSQL и реляционных баз данных вообще.

ACID
: Atomicity (*Атомарность*), Consistency (*Согласованность*), Isolation (*Изолированность*) и Durability (*Надёжность*). Этот набор свойств транзакций в базе данных должен гарантировать корректность операций при параллельном выполнении, а также в случае ошибок, при отключении питания и т. п.

DELETE
: SQL-команда, которая удаляет *строки* из данной *таблицы* или *отношения*.

  Подробности в описании DELETE.

GMT
: См. UTC.

GRANT
: SQL-команда, дающая *пользователю* или *роли* доступ к определённым объектам в *базе данных*.

  Подробности в описании GRANT.

INSERT
: SQL-команда, добавляющая в *таблицу* новые данные.

  Подробности в описании INSERT.

NULL
: Понятие неопределённости, выражаемой как NULL, является ключевым в теории реляционных баз данных. Оно обозначает отсутствие какого-либо определённого значения.

REVOKE
: Команда, лишающая указанные *роли* доступа к определённому набору объектов *базы данных*.

  Подробности в описании REVOKE.

ROLLBACK
: Команда, отменяющая все операции, выполненные с начала *транзакции*.

  Подробности в описании ROLLBACK.

SELECT
: SQL-команда, позволяющая запросить данные из *базы*. Обычно команды `SELECT` не должны изменять состояние *базы* никаким образом, однако выполняемые ими запросы могут вызывать *функции*, в качестве побочного эффекта меняющие данные.

  Подробности в описании SELECT.

SQL-объект
: Любой объект, который может быть создан командой `CREATE`. Большинство объектов относятся к одной базе данных, поэтому они обычно называются *локальными объектами*.

  Большинство локальных объектов принадлежат некоторой *схеме* в соответствующей базе, как например *отношения* (любых видов), *подпрограммы* (любых видов), типы данных и т. д. Имена объектов одного вида в отдельной схеме должны быть уникальными.

  Кроме того, существуют локальные объекты, не принадлежащие схемам, например *расширения*, *приведения типов данных* и *обёртки сторонних данных*. Имена таких объектов одного вида должны быть уникальными в базе данных.

Другие виды объектов, а именно *роли*, *табличные пространства*, источники репликации, подписки логической репликации, а также сами базы данных не являются локальными SQL-объектами, так как они существуют вне какой-либо отдельной базы; они называются *глобальными объектами*. Имена таких объектов должны быть уникальными во всём кластере баз данных.

Подробности в Разделе 22.1.

TOAST
: Механизм, который обеспечивает хранение больших атрибутов строк таблицы, размещая их в дополнительной *TOAST-таблице*. У каждого отношения с большими атрибутами имеется собственная TOAST-таблица.

Подробности в Разделе 69.2.

UPDATE
: SQL-команда, вносящая изменения в уже существующие *строки* определённой *таблицы*. Эта команда не добавляет и не удаляет строки.

Подробности в описании UPDATE.

UTC
: Всемирное координированное время (UTC) — основная глобальная система отсчёта времени, близкая к времени нулевого меридиана. Часто ошибочно называют средним временем по Гринвичу (GMT).

WAL
: См. Журнал предзаписи.

Автоочистка (autovacuum)
: Операции *очистки* и *анализа*, регулярно выполняемые несколькими фоновыми процессами.

Подробности в Подразделе 24.1.6.

Агрегатная функция (подпрограмма)
: *Функция*, которая сводит к одному значению (*агрегирует*) множество входных значений, например, подсчитывая их количество, складывая их или вычисляя среднее.

Подробности в Разделе 9.21.

См. также Оконная функция (подпрограмма).

Анализ (операция)
: Процесс сбора статистики по данным в *таблицах* и других *отношениях*, помогающий *планировщику запросов* находить оптимальные способы выполнения *запросов*.

(Не путайте этот термин с указанием `ANALYZE` команды EXPLAIN.)

Подробности в ANALYZE.

Аналитическая функция
: См. Оконная функция (подпрограмма).

Атомарность
: Свойство *транзакции*, которое заключается в том, что в результате транзакции все её операции выполняются вместе, либо не выполняются совсем. Кроме того, частичные изменения исключены в случае сбоя системы в процессе выполнения транзакции. Это одно из свойств ACID.

Атомарный
: Применительно к *данным* означает, что элемент данных нельзя разделить на меньшие части.

Применительно к *транзакциям в базах данных* см. *атомарность*.

Атрибут
: Элемент с определённым именем и типом данных, содержащийся в *кортеже*.

База данных	Именованный набор *локальных SQL-объектов*. Подробности в Разделе 22.1.
Блокировка	Механизм, позволяющий некоторому процессу ограничивать или запрещать параллельный доступ к ресурсу.
Ведомый (резервный) сервер	См. Реплика.
Ведущий (главный) сервер	См. Ведущий (сервер).
Ведущий (сервер)	Когда несколько *баз данных* связываются вместе посредством *репликации*, *сервер*, служащий первоисточником информации, называется *ведущим* или *главным*.
Внешний ключ	Вид *ограничения*, определяемый для одного или нескольких *столбцов* в *таблице* и требующий, чтобы значения в этих *столбцах* указывали на ноль или одну *строку* в другой (в редких случаях, той же) *таблице*.
Временная таблица	*Таблица*, существующая либо в рамках *сеанса*, либо в рамках *транзакции*, в соответствии с выбранным при её создании режимом. Такие таблицы не являются *журналируемыми*, и их содержимое не видно в других сеансах. Временные таблицы часто применяются, когда нужно сохранить промежуточные результаты в ходе сложной операции. Подробности в описании CREATE TABLE.
Журнал предзаписи	Журнал, в котором отслеживаются изменения в *кластере баз данных*, производимые при выполнении операций пользователями и самой системой. Он содержит множество отдельных *записей WAL*, вносимых последовательно в *файлы WAL*.
Журналируемое отношение	*Таблица* считается *журналируемой*, если вносимые в неё изменения проходят через *WAL*. По умолчанию все обычные таблицы являются журналируемыми. Таблицу можно сделать *нежурналируемой* либо во время создания, либо выполнив команду `ALTER TABLE`.
Запись	См. Кортеж.
Запись WAL	Низкоуровневое описание отдельного изменения данных. Оно содержит достаточно информации для воспроизведения (*повторного применения*) этого изменения в случае сбоя системы до переноса изменения в базу. В записях WAL используется непечатаемый двоичный формат. Подробности в Разделе 29.5.
Запись журнала	Устаревшее название *записи WAL*.
Запрос	Указание, передаваемое клиентом *обслуживающему процессу*, в результате выполнения которого меняются данные в базе или выдаются результаты для клиента.
Идентификатор транзакции	Числовой уникальный идентификатор, последовательно назначаемый каждой транзакции при первой операции, меняющей данные. Часто он сокращённо обозначается *xid*. Когда эти идентификаторы хранятся на диске, каждый занимает всего 32 бита, поэтому только около 4 миллиардов пишущих транзакций могут получить уникальные идентификаторы. Чтобы система баз данных могла работать дольше, дополнительно

используется *эпоха*, которая также имеет размер 32 бита. Когда счётчик транзакций достигает максимально возможного значения, он сбрасывается до 3 (меньшие значения зарезервированы) и значение эпохи увеличивается на 1. В некоторых контекстах значения эпохи и xid рассматриваются вместе как одна 64-битная величина.

Подробности в Разделе 8.19.

Изолированность
: Свойство, которое заключается в том, что результаты транзакции не видны для *параллельных транзакций*, пока она не будет зафиксирована. Это одно из свойств ACID.

Подробности в Разделе 13.2.

Индекс (отношение)
: *Отношение*, содержащее производную информацию от исходных данных *таблицы* или *материализованного представления*. Его внутренняя структура ориентирована на быстрый поиск и извлечение исходных данных.

Подробности в описании CREATE INDEX.

Карта видимости (слой)
: Хранимая структура, содержащая метаинформацию о каждой странице данных в основном слое таблицы. Для каждой страницы в ней отводится два бита: первый (`all-visible`, полностью видимая) показывает, что все кортежи в странице видны всем транзакциям, а второй (`all-frozen`, полностью замороженная) показывает, что все кортежи в странице помечены как замороженные.

Карта свободного пространства (слой)
: Хранимая структура, содержащая метаинформацию о каждой странице данных в основном слое таблицы. В ней указывается, какой объём доступен для новых кортежей в каждой странице, при этом сама она специально оптимизирована для эффективного поиска свободного места для нового кортежа заданного размера.

Подробности в Разделе 69.3.

Каталог
: В стандарте SQL этот термин обозначает то, что в терминологии PostgreSQL называется *базой данных*.

(Не путайте это понятие с понятием *системного каталога*).

Подробности в Разделе 22.1.

Каталог данных
: Главный каталог *сервера* в файловой системе, содержащий все файлы данных и подкаталоги, связанные с *кластером баз данных* (за исключением *табличных пространств* и, возможно, *WAL*). Обычно на каталог данных ссылается переменная окружения `PGDATA`.

Каталог данных в совокупности со всеми дополнительными табличными пространствами образует хранилище данных *кластера*.

Подробности в Разделе 69.1.

Класс (устаревшее)
: См. Отношение.

Кластер баз данных
: Набор баз данных и глобальных SQL-объектов, а также их общих статических и динамических метаданных. Иногда также называется просто *кластером*.

В PostgreSQL термин *кластер* иногда обозначает также экземпляр СУБД. (Не путайте этот термин с SQL-командой `CLUSTER`.)

Клиент (процесс)
: Любой процесс, возможно, удалённый, который *подключается* к *экземпляру* сервера для взаимодействия с *базой данных* и осуществляет *сеанс* использования СУБД.

Ключ
: Средство идентификации *строки* в *таблице* или другом *отношении* по значениям, содержащимся в одном или нескольких *атрибутах* этого отношения.

Конкурентный доступ
: Концепция, определяющая возможность одновременного выполнения нескольких независимых операций в одной *базе данных*. В PostgreSQL конкурентный доступ реализуется механизмом *многоверсионного управления конкурентным доступом*.

Контрольная точка
: Точка в последовательности записей *WAL*, в которой гарантируется, что в файлы данных кучи и индекса попала вся информация из *общей памяти*, изменённая до контрольной точки; для обозначения этой точки в WAL записывается и сбрасывается *запись контрольной точки*.

  Контрольной точкой также называется процедура, в ходе которой выполняются все действия, необходимые для достижения контрольной точки в приведённом выше определении. Эта процедура запускается при выполнении предопределённых условий, например по истечении заданного времени или после помещения в журнал некоторого объёма записей; также её можно вызвать командой `CHECKPOINT`.

  Подробности в Разделе 29.4.

Кортеж
: Упорядоченный набор *атрибутов*. Порядок атрибутов может определяться *таблицей* (или другим *отношением*), в которой содержится кортеж. В этом случае кортеж часто называют *строкой* таблицы. Он также может определяться структурой результирующего множества; такие кортежи иногда называют *записями*.

Куча
: Содержит значения атрибутов *строк* (то есть непосредственно данные) *отношения*. Куча размещается в одном или нескольких *файловых сегментах* в *основном слое* отношения.

Материализованное представление (отношение)
: *Отношение*, которое определяется оператором `SELECT` (подобно обычному *представлению*) и при этом содержит данные как обычная *таблица*. Его содержимое нельзя изменить операторами `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`.

  Подробности в описании CREATE MATERIALIZED VIEW.

Материализованные данные
: Свойство данных, означающее, что они были вычислены заранее и сохранены для последующего использования, а не вычисляются каждый раз «на лету».

  Это используется в *материализованных представлениях*, в которых данные, полученные из запроса, определяющего представление, сохраняются на диске отдельно от первоисточника данных.

  Этот термин также используется применительно к некоторым многоэтапным запросам, в которых данные, полученные на некотором этапе, сохраняются в памяти (а могут быть также вытеснены на диск), благодаря чем они могут быть многократно прочитаны на следующем этапе выполнения.

Многоверсионное управление конкурентным доступом (MVCC)
: Механизм, позволяющий нескольким *транзакциям* читать и записывать одни и те же строки и при этом не ждать друг друга. В PostgreSQL

для реализации MVCC создаются копии (*версии*) *кортежей*, когда их данные меняются; после того, как все транзакции, которым были нужны старые версии, завершаются, эти версии удаляются.

Надёжность
Гарантия того, что после *фиксирования транзакции* произведённые ей изменения не будут потеряны даже в случае системной ошибки или краха сервера. Это одно из свойств ACID.

Нежурналируемое отношение
Отношение, изменения в котором не отражаются в журнале *WAL*. Для таких отношений отсутствует возможность репликации и восстановления после сбоя.

Нежурналируемые таблицы полезны в основном, когда требуется эффективно передать промежуточные рабочие данные между процессами.

Все *временные таблицы* являются нежурналируемыми.

Область данных
См. Каталог данных.

Обслуживающий процесс (backend)
Процесс *экземпляра* сервера, заключающий в себе реализацию *сеанса клиента* и обрабатывающий его запросы.

(Не путайте это понятие с понятиями *фоновый рабочий процесс* и *фоновый процесс записи*).

Общая память
Область ОЗУ, совместно используемая процессами, относящимися к одному *экземпляру* сервера. В неё отображаются блоки файлов *базы данных*, а также она служит временным хранилищем для *записей WAL* и содержит дополнительную общую информацию. Заметьте, что общая память относится ко всему экземпляру, а не к отдельной базе данных в нём.

Самая большая часть общей памяти — *общие буферы*, в которые в виде страниц отображаются блоки файлов данных. Страница, изменённая в буфере, но ещё не сохранённая в файловой системе, называется «грязной».

Подробности в Подразделе 19.4.1.

Обёртка сторонних данных
Способ представления данных, находящихся не в локальной *базе данных*, таким образом, что они отображаются как содержащиеся в локальных *таблицах*. Обёртка сторонних данных позволяет определить *сторонний сервер* и *сторонние таблицы*.

Подробности в описании CREATE FOREIGN DATA WRAPPER.

Ограничение
Условие, определяющее допустимость значений данных в *таблице* или атрибутов в *домене*.

Подробности в Разделе 5.4.

Ограничение уникальности
Вид *ограничения*, определённого для *отношения*, который ограничивает значения, допустимые в одном или нескольких столбцах таким образом, чтобы данное значение или набор значений могли присутствовать в отношении только один раз — то есть ни в какой другой строке отношения не может быть значений, равных данным.

Так как *значения NULL* не считаются равными друг другу, ограничение уникальности не нарушается, если в отношении есть несколько строк со значениями NULL.

Ограничение-проверка	Вид *ограничения*, определяемый для *отношения* и ограничивающий множество значений, допустимых в одном или нескольких *атрибутах*. Проверка-ограничение может обращаться к любому атрибуту в той же строке отношения, но не может обращаться к другим строкам этого же отношения или к другим отношениям. Подробности в Разделе 5.4.
Оконная функция (подпрограмма)	Вид *функций*, используемых в *запросах*, который применяется к *секции результирующего множества* запроса; результат такой функции зависит от значений в *строках* одной секции или рамки. В качестве оконных могут использоваться и *агрегатные функции*, но оконные функции способны, например, определять ранг для каждой строки в секции. Также они называются *аналитическими функциями*. Подробности в Разделе 3.5.
Оптимизатор	См. Планировщик запросов.
Отношение	Общий термин, который охватывает все объекты в *базе данных*, имеющие имя и упорядоченный список *атрибутов*. Отношениями являются *таблицы*, *последовательности*, *представления*, *сторонние таблицы*, *материализованные представления*, составные типы и *индексы*. В более общем смысле отношением является набор кортежей; например, результат выполнения запроса тоже отношение. В PostgreSQL название *класс* является устаревшим синонимом *отношения*.
Очистка (VACUUM)	Процесс удаления устаревших *версий кортежей* из таблиц или материализованных представлений и другая тесно связанная с ним обработка данных, потребность в которой продиктована реализацией *MVCC* в PostgreSQL. Очистку можно запустить вручную, воспользовавшись командой `VACUUM`, но она также может осуществляться автоматически процессами *автоочистки*. Подробности в Разделе 24.1.
Параллельное выполнение	Возможность распределять обработку частей *запроса* между несколькими процессами, увеличивая тем самым эффективность использования многоядерных компьютеров.
Первичный ключ	Особый вид *ограничения уникальности*, определяемого для *таблицы* или другого *отношения*, который дополнительно гарантирует, что все *атрибуты* в *первичном ключе* отличны от *null*. Как можно понять из названия, в таблице может быть только один первичный ключ, хотя в ней может быть несколько ограничений уникальности, так же не допускающих значения null в атрибутах.
Переработка	См. Файл WAL.
Планировщик запросов	Компонент PostgreSQL, предназначенный для определения (*планирования*) наиболее эффективного способа выполнения *запросов*. Также называется *оптимизатором запросов*, *оптимизатором* или просто *планировщиком*.
Подпрограмма	Определённый набор инструкций, сохранённый в СУБД, который может выполняться по запросу. Подпрограммы могут быть написаны на

	самых разных языках программирования. Понятие подпрограмм включает *функции* (в том числе функции, возвращающие множества, и *триггерные функции*), *агрегатные функции* и *процедуры*. PostgreSQL уже содержит большое количество подпрограмм и при этом поддерживает добавление пользовательских подпрограмм.
Пользователь	*Роль* с правом `LOGIN`.
Последовательность (отношение)	Вид отношения, позволяющий генерировать значения, чаще всего это последовательные неповторяющиеся числа. Последовательности часто применяются для генерирования идентификаторов в *первичном ключе*.
Представление	*Отношение*, которое определяется оператором `SELECT` но само по себе не хранится. При каждом обращении к представлению его определение подставляется в запрос, как если бы пользователь просто вставил это определение в запрос вместо имени представления. Подробности в описании CREATE VIEW.
Приведение	Преобразование *элемента данных* из его текущего типа в другой тип данных. Подробности в CREATE CAST.
Процедура (подпрограмма)	Вид подпрограммы, характеризующийся отсутствием возвращаемых значений. Кроме того, процедуры могут содержать операторы управления транзакциями, например `COMMIT` и `ROLLBACK`. Вызываются процедуры командой `CALL`. Подробности в описании CREATE PROCEDURE.
Процесс postmaster	Самый первый процесс *экземпляра* сервера. Он управляет другими вспомогательными процессами и создаёт *обслуживающие процессы* по требованию. Подробности в Разделе 18.3.
Процесс архивации WAL	Сохранение и создание копий *файлов WAL* для осуществления резервного копирования или для поддержания актуального состояния *реплик*. Подробности в Разделе 25.3.
Процесс записи WAL	Процесс, осуществляющий перенос *записей WAL* из *общей памяти* в *файлы WAL*. Подробности в описании Разделе 19.5.
Процесс контрольных точек (checkpointer)	Специальный процесс, осуществляющий выполнение процедуры контрольной точки.
Процесс протоколирования	В активном состоянии этот процесс записывает сообщения о событиях в базе данных в свой текущий *файл журнала*. Данный файл сменяется другим, когда выполняется некоторый критерий (ограничение по времени или объёму). Также этот процесс называется *syslogger*. Подробности в Разделе 19.8.
Процесс сбора статистики	Этот процесс собирает статистическую информацию о действиях *экземпляра* сервера.

	Подробности в Разделе 27.2.
Процесс фоновой записи	Процесс, записывающий «грязные» *страницы данных* из *общей памяти* в файловую систему. Он периодически активируется на короткое время, чтобы создаваемая им значительная нагрузка на подсистему ввода/вывода распределялась во времени с целью исключения пиков нагрузки, блокирующих другие процессы. Подробности в Подразделе 19.4.5.
Раздувание	Увеличение объёма, занимаемого не текущими версиями строк, в том числе объёма неиспользуемого (свободного) места и объёма, занимаемого устаревшими версиями строк.
Расширение	Дополнительный программный модуль, который может быть установлен в *экземпляре* сервера для расширения его функциональности. Подробности в Разделе 37.17.
Результирующее множество	*Отношение*, передаваемое из *обслуживающего процесса клиенту* после выполнения команды SQL, обычно `SELECT`, но также это могут быть команды `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с предложением `RETURNING`. То, что результирующее множество является отношением, означает, что один запрос может фигурировать в определении другого запроса в качестве *подзапроса*.
Реплика	*База данных*, связанная с *ведущей* базой и содержащая копию некоторых или всех данных последней. Прежде всего такие базы создаются для расширения возможностей доступа к данным, а также для обеспечения доступности данных в случае потери *ведущего сервера*.
Репликация	Перенос информации с одного *сервера* на другой называется *репликацией*. Она может реализовываться как *физическая репликация*, когда с одного сервера на другой переносятся все изменения на уровне файлов, или как *логическая репликация*, когда передаются изменения в определённом подмножестве данных, представленные на более высоком уровне.
Роль	Набор прав доступа к объектам *экземпляра* сервера. Принадлежность к роли тоже может считаться правом, которым можно наделять другие роли. Это часто используется, когда нужно дать одинаковые права множеству *пользователей* или организовать распределение прав удобным образом. Подробности в описании CREATE ROLE.
Сеанс	Состояние, в котором клиент может взаимодействовать с обслуживающим процессом, используя установленное *соединение*.
Сегмент	См. Файловый сегмент.
Сегмент WAL	См. Файл WAL.
Секционированная таблица (отношение)	*Отношение*, которое по смыслу не отличается от *таблицы*, но его содержимое хранится распределённо, в нескольких *секциях*.
Секция	Одно из нескольких отдельных (не пересекающихся) подмножеств большего множества.

	Применительно к *секционированной таблице*: одна из таблиц, содержащих часть данных секционированной таблицы, которая называется *родительской*. Секция сама по себе является таблицей, поэтому запросы могут обращаться к ней напрямую; при этом секция тоже может быть секционированной таблицей, таким образом могут создаваться иерархии. Применительно к *оконным функциям* в *запросе* секция соответствует определённому пользователем критерию, группирующему *строки результирующего множества запроса* для обработки такой функцией.
Сервер	Компьютер, на котором работают *экземпляры* PostgreSQL. *Сервером* может называться как физическая, так и *виртуальная машина* или контейнер. Иногда сервером также называют экземпляр сервера баз данных.
Сервер баз данных	См. Экземпляр СУБД.
Сетевой узел (host)	Компьютер, взаимодействующий с другими компьютерами по сети. Иногда так называют *сервер*. Также это название применимо к компьютеру, на котором работают *клиентские процессы*.
Системный каталог	Набор *таблиц*, которые описывают структуру всех *SQL-объектов* сервера. Системный каталог располагается в схеме `pg_catalog`. Его таблицы содержат данные во внутреннем представлении и не считаются полезными для конечных пользователей. В более понятном виде часть этой информации доступна в ряде системных *представлений*, также находящихся в схеме `pg_catalog`. Кроме того, имеется схема `information_schema` (см. Главу 36), содержащая дополнительные таблицы и представления, из которых можно получить информацию (частично ту же, но также и некоторую другую), предоставляемую в соответствии с требованиями *стандарта SQL*. Подробности в Разделе 5.9.
Слой	Отдельный набор файлов-сегментов, в которых хранится отношение. В *основном слое* находятся собственно данные отношения. Помимо него существует два дополнительных слоя для метаданных: *карта свободного пространства* и *карта видимости*. У *нежурналируемых отношений* также имеется *слой инициализации*.
Согласованность	Свойство *базы*, суть которого в том, что данные базы всегда удовлетворяют *ограничениям целостности*. Транзакциям позволяется временно нарушать такие ограничения, но если к моменту завершения транзакции эти нарушения не устраняются, транзакция автоматически *откатывается*. Это одно из свойств ACID.
Соединение	Установленное подключение клиентского процесса к *обслуживающему* процессу, обычно сетевое, в рамках которого существует *сеанс*. Иногда этот термин употребляется как синоним сеанса. Подробности в Разделе 19.3.
Соединение (join)	Операция (и ключевое слово SQL), выполняемая в *запросах* для объединения данных из нескольких *отношений*.
Сопоставление пользователей	Устанавливаемое в *обёртке сторонних данных* соответствие учётной записи в локальной *базе данных* другой учётной записи в удалённой системе.

	Подробности в описании CREATE USER MAPPING.
Ссылочная целостность	Средство ограничения данных в *отношении* по *внешнему ключу* таким образом, чтобы им обязательно соответствовали данные в другом *отношении*.
Стандарт SQL	Совокупность документов, определяющих язык SQL.
Столбец	*Атрибут*, относящийся к *таблице* или *представлению*.
Сторонний сервер	Именованный набор *сторонних таблиц*, для обращения к которым используется одна *обёртка сторонних данных* и общие параметры конфигурации. Подробности в описании CREATE SERVER.
Сторонняя таблица (отношение)	*Отношение*, *строки* и *столбцы* которого представляются содержащимися в обычной *таблице*, но запросы к нему проходят через *обёртку сторонних данных*. В ответ эта обёртка возвращает *результирующие множества*, структурированные согласно определению *сторонних таблиц*. Подробности в описании CREATE FOREIGN TABLE.
Страница данных	Основная структура, в которой хранятся данные отношений. Все страницы имеют одинаковый размер. Страницы данных обычно хранятся на диске в определённых файлах и могут быть прочитаны в *общие буферы*, а затем претерпеть изменения, в результате которых они станут *грязными*. При записи на диск они вновь становятся чистыми. Новые страницы, изначально существующие только в памяти, также считаются грязными, пока не будут записаны на диск.
Строка таблицы	См. Кортеж.
Схема	Пространство имён *SQL-объектов*, принадлежащих одной *базе данных*. Каждый отдельный SQL-объект должен располагаться ровно в одной схеме. Все системные SQL-объекты располагаются в схеме `pg_catalog`. В более общем смысле *схема* — это совокупность всех описаний данных (определений *таблиц*, *ограничений*, комментариев и т. д.) в определённой *базе* или в её подмножестве. Подробности в Разделе 5.9.
Таблица	Набор *кортежей*, имеющих общую структуру данных (одинаковое количество *атрибутов* в том же порядке, имеющих одинаковые имена и типы). Таблица является наиболее распространённым видом *отношения* в PostgreSQL. Подробности в описании CREATE TABLE.
Табличное пространство	Именованное расположение в файловой системе сервера. Все *SQL-объекты*, для которых требуется хранилище, должны располагаться в некотором табличном пространстве (при этом их определения размещаются в *системном каталоге*). Изначально в кластере баз данных есть только одно табличное пространство, которое называется `pg_default` и содержит по умолчанию все SQL-объекты. Подробности в Разделе 22.6.

Точка сохранения

Специальная отметка в последовательности операций *транзакции*. Изменения данных, произведённые после этой отметки, могут быть отменены, таким образом будет получено состояние на момент сохранения.

Подробности в описании SAVEPOINT.

Транзакции/сек (TPS)

Среднее количество транзакций, выполняющихся за секунду, подсчитанное по всем сеансам за время наблюдения. Эта величина позволяет оценить производительность экземпляра сервера.

Транзакция

Совокупность команд, которые должны выполниться как одна *атомарная* команда: они завершаются успешно либо отменяются все вместе, а результат их выполнения не виден в других *сеансах* до завершения транзакции и, возможно, даже позже (в зависимости от уровня изоляции).

Подробности в Разделе 13.2.

Триггер

Функция, которая вызывается при выполнении определённой операции (`INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`) с некоторым *отношением*. Триггер выполняется в рамках той же *транзакции*, что и вызвавший его оператор, и если в функции триггера произойдёт ошибка, этот оператор тоже не будет выполнен успешно.

Подробности в описании CREATE TRIGGER.

Файл WAL

Также называется *сегментом WAL* или *файлом сегмента WAL*. Представляет собой один из последовательно нумеруемых файлов, служащих хранилищем *WAL*. Все эти файлы имеют одинаковый предопределённый размер и записываются по порядку. В файле WAL перемежаются изменения, производимые в нескольких параллельных сеансах. В случае сбоя системы эти файлы также по порядку считываются и все записанные в них изменения воспроизводятся, в результате чего восстанавливается последнее состояние системы до сбоя.

Каждый файл WAL может быть освобождён после того, как во время *контрольной точки* все изменения из него будут переписаны в соответствующие файлы данных. Освобождённый файл может быть просто удалён либо переименован (или *переработан*) так, чтобы его можно было использовать в будущем.

Подробности в Разделе 29.5.

Файл журнала

Файлы журналов содержат предназначенные для человека текстовые сообщения о событиях. Например, в журнале могут фиксироваться ошибки входа, длительные запросы и т. д.

Подробности в Разделе 24.3.

Файловый сегмент

Физический файл, содержащий данные для определённого *отношения*. Размер сегментов ограничивается параметром конфигурации (обычно ограничение равно 1 гигабайту), поэтому отношения большего объёма разбиваются на несколько сегментов.

Подробности в Разделе 69.1.

(Не путайте это понятие с подобным понятием *сегмент WAL*).

Фиксирование

Акт успешного завершения *транзакции* в *базе данных*, обеспечивающий *надёжность* и видимость её результатов для других транзакций.

Подробности в COMMIT.

Фоновый рабочий процесс
: Процесс внутри *экземпляра* сервера, выполняющий системный или пользовательский код. Обеспечивает инфраструктуру для различной функциональности PostgreSQL, в частности для *логической репликации* и *параллельных запросов*. Кроме того, отдельные рабочие процессы могут создаваться *расширениями*.

Подробности в Главе 47.

Функция (подпрограмма)
: Вид подпрограммы, который получает ноль или более аргументов, выдаёт ноль или более выходных значений и может выполняться только в рамках одной транзакции. Функции могут вызываться в ходе выполнения запросов, например, `SELECT`. Функции особого рода могут выдавать *множества*; они называются *функциями, возвращающими множества*.

Функции также вызываются при срабатывании *триггеров*.

Подробности в описании CREATE FUNCTION.

Экземпляр СУБД
: Группа обслуживающих и вспомогательных процессов, использующих общую область разделяемой памяти. Экземпляром СУБД управляет один *процесс postmaster*, и относится к этому к экземпляру ровно один *кластер баз данных* со всеми его базами. На одном *сервере* могут работать несколько экземпляров СУБД, если их TCP-порты не конфликтуют.

Конкретный экземпляр реализует все функциональные возможности СУБД: читает и записывает файлы, работает с общей памятью, обеспечивает свойства ACID, принимает *подключения клиентских процессов*, проверяет права доступа, выполняет восстановление после сбоя, осуществляет репликацию и т. д.

Элемент данных
: Внутреннее представление одного значения некоторого типа данных SQL.

Эпоха
: См. Идентификатор транзакции.

Приложение N. Поддержка цветового оформления

Большинство программ из пакета PostgreSQL могут выводить в консоль цветной текст. В этом приложении описано, как это настраивается.

N.1. Когда используется цветной вывод

Использованием цветного вывода управляет переменная окружения `PG_COLOR`, принимающая следующие значения:

1. `always` — цвет используется всегда.
2. `auto` — цвет используется, если поток вывода связан с устройством терминала.
3. При других значениях цвет не используется.

N.2. Настройка цветового оформления

Собственно цветовая палитра настраивается в переменной окружения `PG_COLORS`, в которой задаётся разделённый двоеточиями список пар *`ключ=значение`*. Ключи определяют, для какого именно текста задаётся цвет, а значения устанавливают цвет в формате SGR, который может интерпретировать терминал.

В настоящее время поддерживаются следующие ключи:

`error`

выделяет текст «ошибки» в соответствующих сообщениях

`warning`

выделяет текст «предупреждения»

`locus`

выделяет в сообщениях информацию о положении (например, имя программы или имя файла)

Значение по умолчанию: `error=01;31:warning=01;35:locus=01` (`01;31` = яркий красный, `01;35` = яркий пурпурный, `01` = цвет по умолчанию, яркий).

> **Подсказка**
>
> Такой формат указания цветов применяется и в других программных продуктах, в частности в GCC, GNU coreutils и GNU grep.

Приложение O. Устаревшая или переименованная функциональность

Иногда в PostgreSQL меняется функциональность, переименовываются функции, параметры и файлы, или документация перемещается в другое место. Данный раздел помогает читателям документации старых версий, а также пришедшим по внешним ссылкам, найти необходимую им информацию в новом месте.

O.1. Содержимое файла `recovery.conf` включено в `postgresql.conf`

В PostgreSQL 11 и более ранних версиях существовал файл конфигурации `recovery.conf` , предназначенный для управления репликами и резервными серверами. Начиная с PostgreSQL 12, этот файл не поддерживается. Информация о данном изменении представлена в Замечаниях к выпуску PostgreSQL 12.

В PostgreSQL версии 12 и выше восстановление архивов, потоковая репликация и PITR настраиваются с использованием обычных параметров конфигурации сервера. Соответствующие параметры, как и любые другие, можно задать командой ALTER SYSTEM или внести в файл `postgresql.conf`.

Сервер не запустится, если обнаружит файл `recovery.conf`.

Параметр `trigger_file` переименован в promote_trigger_file.

Параметр `standby_mode` удалён. Его роль теперь выполняет файл `standby.signal` в каталоге данных. Подробности в Работа резервного сервера.

O.2. `pg_xlogdump` переименована в `pg_waldump`

В PostgreSQL 9.6 и более ранних версиях существовала команда `pg_xlogdump` (предназначенная для чтения файлов журнала предзаписи (WAL)). Эта команда была переименована в `pg_waldump`, о ней рассказывается в описании pg_waldump, а информация о данном изменении изложена в Замечаниях к выпуску PostgreSQL 10.

O.3. `pg_resetxlog` переименована в `pg_resetwal`

В PostgreSQL 9.6 и более ранних версиях существовала команда `pg_resetxlog` (предназначенная для восстановления файлов журнала предзаписи (WAL)). Эта команда была переименована в `pg_resetwal`; о ней рассказывается в описании pg_resetwal, а информация о данном изменении представлена в Замечаниях к выпуску PostgreSQL 10.

O.4. `pg_receivexlog` переименована в `pg_receivewal`

В PostgreSQL 9.6 и более ранних версиях существовала команда `pg_receivexlog` (предназначенная для получения файлов журнала предзаписи (WAL)). Эта команда была переименована в `pg_receivewal`; о ней рассказывается в описании pg_receivewal, а информация о данном изменении представлена в Замечаниях к выпуску PostgreSQL 10.

Библиография

Здесь представлены ссылки на справочные материалы и книги, посвящённые SQL и PostgreSQL.

Некоторые статьи и технические описания, написанные первой командой разработки POSTGRES, можно найти на *сайте* факультета компьютерных наук Калифорнийского университета в Беркли.

Справочники по языку SQL

[bowman01] *The Practical SQL Handbook*. Using SQL Variants. Fourth Edition. Judith Bowman, Sandra Emerson, Marcy Darnovsky. ISBN 0-201-70309-2. Addison-Wesley Professional. 2001.

[date97] *A Guide to the SQL Standard*. A user's guide to the standard database language SQL. Fourth Edition. C. J. Date Hugh Darwen. ISBN 0-201-96426-0. Addison-Wesley. 1997.

[date04] *An Introduction to Database Systems*. Eighth Edition. C. J. Date. ISBN 0-321-19784-4. Addison-Wesley. 2003.

[elma04] *Fundamentals of Database Systems*. Fourth Edition. Ramez Elmasri Shamkant Navathe. ISBN 0-321-12226-7. Addison-Wesley. 2003.

[melt93] *Understanding the New SQL*. A complete guide. Jim Melton Alan R. Simon. ISBN 1-55860-245-3. Morgan Kaufmann. 1993.

[ull88] *Principles of Database and Knowledge-Base Systems*. Classical Database Systems. Jeffrey D. Ullman. Volume 1. Computer Science Press. 1988.

[sqltr-19075-6] *SQL Technical Report*. Part 6: SQL support for JavaScript Object Notation (JSON). First Edition. 2017.

Документация, посвящённая PostgreSQL

[sim98] *Enhancement of the ANSI SQL Implementation of PostgreSQL*. Stefan Simkovics. Department of Information Systems, Vienna University of Technology. Vienna, Austria. November 29, 1998.

[yu95] *The Postgres95. User Manual*. A. Yu J. Chen. University of California. Berkeley, California. Sept. 5, 1995.

[fong] *The design and implementation of the POSTGRES query optimizer*. Zelaine Fong. University of California, Berkeley, Computer Science Department.

Заметки и статьи

[ports12] «*Serializable Snapshot Isolation in PostgreSQL*». D. Ports K. Grittner. VLDB Conference, August 2012.

[berenson95] «*A Critique of ANSI SQL Isolation Levels*». H. Berenson, P. Bernstein, J. Gray, J. Melton, E. O'Neil, P. O'Neil. ACM-SIGMOD Conference on Management of Data, June 1995.

[olson93] *Partial indexing in POSTGRES: research project*. Nels Olson. UCB Engin T7.49.1993 O676. University of California. Berkeley, California. 1993.

[ong90] «A Unified Framework for Version Modeling Using Production Rules in a Database System». L. Ong J. Goh. *ERL Technical Memorandum M90/33*. University of California. Berkeley, California. April, 1990.

[rowe87] «*The POSTGRES data model*». L. Rowe M. Stonebraker. VLDB Conference, Sept. 1987.

[seshadri95] «*Generalized Partial Indexes*». P. Seshadri A. Swami. Eleventh International Conference on Data Engineering, 6–10 March 1995. Cat. No.95CH35724. IEEE Computer Society Press. Los Alamitos, California. 1995. 420–7.

[ston86] «*The design of POSTGRES*». M. Stonebraker L. Rowe. ACM-SIGMOD Conference on Management of Data, May 1986.

[ston87a] «The design of the POSTGRES. rules system». M. Stonebraker, E. Hanson, C. H. Hong. IEEE Conference on Data Engineering, Feb. 1987.

[ston87b] «*The design of the POSTGRES storage system*». M. Stonebraker. VLDB Conference, Sept. 1987.

[ston89] «*A commentary on the POSTGRES rules system*». M. Stonebraker, M. Hearst, S. Potamianos. *SIGMOD Record 18(3)*. Sept. 1989.

[ston89b] «*The case for partial indexes*». M. Stonebraker. *SIGMOD Record 18(4)*. Dec. 1989. 4–11.

[ston90a] «*The implementation of POSTGRES*». M. Stonebraker, L. A. Rowe, M. Hirohama. *Transactions on Knowledge and Data Engineering 2(1)*. IEEE. March 1990.

[ston90b] «*On Rules, Procedures, Caching and Views in Database Systems*». M. Stonebraker, A. Jhingran, J. Goh, S. Potamianos. ACM-SIGMOD Conference on Management of Data, June 1990.

[ston92] « *Обзор проекта Sequoia 2000* ». M. Stonebraker. *Аннотация докладов COMPCON Spring 1992*. 1992. 383–388.

Предметный указатель

Символы

A

B

C

E

F

G

H

L

M

N

O

P

Q

R

T

U

V